

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

IASMIM LEITE DOS SANTOS

**QUALIDADE DE SEMEADURA EM FUNÇÃO DO TIPO DE
DIRECIONAMENTO AUTOMÁTICO E VELOCIDADE DE
DESLOCAMENTO**

**CHAPADINHA, MA
2022**

IASMIM LEITE DOS SANTOS

**QUALIDADE DE SEMEADURA EM FUNÇÃO DO TIPO DE
DIRECIONAMENTO AUTOMÁTICO E VELOCIDADE 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.

Orientador: Prof. Dr. Washington da Silva Sousa.

Coorientador: Msc. Jarlyson Brunno Costa Souza

**Chapadinha, MA
2022**

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

Leite dos Santos, Iasmim.
Qualidade de semeadura em função do tipo de
direcionamento automático e velocidade de deslocamento /
Iasmim Leite dos Santos. - 2022.
49 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. Direcionamento automático. 2. Distribuição
longitudinal. 3. Variabilidade. 4. Velocidade de
deslocamento. I. Costa Souza, Jarlyson Brunno. II. da
Silva Sousa, Washington. III. Título.

IASMIM LEITE DOS SANTOS
QUALIDADE DE SEMEADURA EM FUNÇÃO DO TIPO DE
DIRECIONAMENTO AUTOMÁTICO E VELOCIDADE 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 em Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado em 04/02/2022, pela comissão examinadora constituída pelos professores:

Washington da Silva Sousa (Orientador)

Doutor em Ciência pela Universidade de São Paulo (USP)

Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrícola (CCAA/UFMA)

Armando Lopes de Brito Filho

Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio, de Mesquita Filho” (UNESP/FCAV)

Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Marcus Willame Lopes Carvalho

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrícola (CCAA/UFMA)

Ao meu avô, Salvador Mendes da Silva (*in memoriam*), que sempre acreditou no meu potencial e nunca me deixou pensar em desistir, por tudo que fez por mim e pelo lindo legado que deixou à minha história.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por estar sempre ao meu lado diante dos dias difíceis e por todo consolo quando pensei em desistir, por sempre me proteger e me guardar até aqui. Obrigada, Deus!

À minha mãe, Irismar Mendes Leite, por sempre ser minha base e meu alicerce, por ter depositado toda sua confiança em mim e me fazer chegar até aqui, por todas as vezes que me escutou chorar e enxugou todas as minhas lágrimas com apoio e palavras de conforto, sem ela nada seria possível.

À minha vó, Maria José Leite da Silva, que sempre foi a minha maior fonte de amor e carinho, por sempre me apoiar independente da situação, por lutar junto comigo para que eu realizasse meus sonhos.

À toda minha família em geral, em especial ao meu tio/padrinho Nilmar, que sempre me apoiou e acreditou no meu potencial.

Agradeço as minhas amigas, Samila, Rayza e Vitória, que sempre estiveram dispostas a me ouvir e apoiar independentemente da distância.

A minha República Tcheca, em especial a minha amiga Viviane, que apesar de tudo que passamos, sempre esteve comigo e nunca soltou a minha mão.

Às amizades cultivadas durante toda a minha temporada em Chapadinha-MA, em especial a Emanuelle Baêta por todo companheirismo e ao meu amigo Thiago, que considero um irmão e nunca soltou minha mão em nenhum momento difícil, e também a sua família que me abraçou como filha e me acolheu em sua casa em Urbanos Santos – Ma.

À minha panelinha, grupo “Tamo Fudido”, por todas as trocas de conhecimentos, por nunca me deixarem na mão e me ajudarem nos dias difíceis.

Ao meu orientador, Washigton Silva Sousa, pela oportunidade, principalmente a confiança no meu trabalho e apoio durante a graduação.

Ao meu coorientador, Jarlyson Brunno, que nunca mediu esforços ao me orientar, por toda atenção e incentivo, sem ele não seria possível a realização deste trabalho.

Aos grupos de pesquisas GETAD e NEPF, por todo apoio nas avaliações, em especial a minha amiga Janine pela parceria e ao José Augusto pela ajuda e paciência.

A Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais e aos professores, por toda a estrutura e conhecimento transmitido ao longo desta jornada.

*“É preciso força pra sonhar e perceber
que a estrada vai além do que se vê”
(Los Hermanos.)*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo geral.....	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. Semeadura mecanizada	16
3.2. Fatores que afetam a qualidade da semeadura	16
3.3. GNSS (Sistema de navegação global por satélite)	17
3.4. Direcionamento automático	19
3.5. Controle estatístico de processos.....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1. Caracterização da área experimental	22
4.2. Equipamentos	23
4.3. Indicadores de qualidade	24
4.4. Delineamento experimental e análise estatística	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1. Qualidade do processo de semeadura quanto ao paralelismo da linhas de plantio, para diferentes sinais de correção SF1 e SF2.....	27
5.2. Qualidade do processo de semeadura quanto a profundidade de sementes, para diferentes sinais de correção SF1 e SF2 em f velocidade de deslocamento 5 km.h ⁻¹ , 6 km.h ⁻¹ e 8 km.h ⁻¹	28
5.3. Qualidade do processo de semeadura quanto a distância longitudinal das sementes em diferentes sinais de correção SF1 e SF2 na velocidade de deslocamento 5 km.h ⁻¹ , 6 km.h ⁻¹ e 8 km.h ⁻¹	31
6. CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Posicionamento relativo (RTK) Fonte: Adaptado de Trimble RTX CenterPoint (2016).	18
Figura 2. Posicionamento por ponto preciso (RTX) Fonte: Adaptado de Trimble RTX CenterPoint (2016).	19
Figura 3. Exemplo de cartas de controle. A: processo está sob controle estatístico. B: processo está fora de controle estatístico. LSC: Limite Superior de Controle. LC: Linha Central. LIC: Limite Inferior de Controle. Fonte: Oliveira et al. (2013).	21
Figura 4. Mapa de localização da área experimental.	22
Figura 5. Semeadora-adubadora de precisão com distribuição pneumática, da marca Jumil, modelo JM3080PD Pantográfica e Magnum.....	23
Figura 6. Antena StarFire™ 3000 com monitor GreenStar™ 3.....	24
Figura 7. Verificação da profundidade das sementes.	25
Figura 8. Cartas de controle para paralelismo entre linhas (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	28
Figura 9. Cartas de controle para profundidade de sementes na velocidade de 5 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média)...	29
Figura 10. Cartas de controle para profundidade de sementes na velocidade de 6 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média)...	30
Figura 11. Cartas de controle para profundidade de sementes na velocidade de 8 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média)...	31
Figura 12. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas na velocidade de 5 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	32
Figura 13. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas na velocidade de 6 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	33
Figura 14. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas na velocidade de 8 km/h (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	34
Figura 15. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas na velocidade de 5 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	35
Figura 16. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas na velocidade de 6 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	36
Figura 17. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas na velocidade de 8 km.h ⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	37
Figura 18. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis na velocidade de 5 km/h (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).	38

Figura 19. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis na velocidade de 6 km/h (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média). 39

Figura 20. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis na velocidade de 8 km/h (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média). 40

RESUMO

Dentre as atividades mecanizadas a semeadura é considerada uma das mais importantes, pois um erro no processo de plantio é difícil de ser recuperado. O piloto automático na semeadura permite a instalação da cultura com baixo erro de paralelismo e alinhamentos com espaçamento pré-determinado, estes que podem sofrer influência da velocidade de deslocamento da semeadura. Apesar de apresentar grande precisão na atividade de semeadura, alguns sinais possuem alto custo de aquisição. Objetivou-se avaliar a qualidade na operação de semeadura em função da utilização de diferentes sinais de correção e velocidade de deslocamento. O experimento foi realizado em lavoura comercial, na mesorregião leste maranhense, através de esquema em faixas, seguindo as premissas do controle estatístico de processo (CEP), foram testadas 3 velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (5 km.h^{-1} , 6 km.h^{-1} e 8 km.h^{-1}), com os dois sinais de correção de direcionamento automático (SF1 e SF2) para avaliar o paralelismo, a profundidade de semeadura e distribuição longitudinal das sementes. O sinal SF2 apresentou melhor qualidade no processo de paralelismo. O aumento da velocidade ($8,0 \text{ km.h}^{-1}$) ocasionou maior número de sementes duplas para a correção SF2, e menor variabilidade para o sinal SF1. O sinal SF2 apresentou-se com maior qualidade para distribuição de sementes falhas e aceitáveis onde representou menor variabilidade para a velocidade 8 km.h^{-1} .

Palavras-chave: Direcionamento automático, velocidade de deslocamento, distribuição longitudinal, variabilidade

1. INTRODUÇÃO

A agricultura está se tornando um fenômeno no que se refere a expansão de novas tecnologias, principalmente em relação a área de mecanização. Um fator importante dessa área, é que em sistemas produtivos de grande porte é requerida em todo o ciclo produtivo, desde a semeadura até a colheita (OLIVEIRA, 2021). Na produção agrícola a semeadura é considerada uma das operações mecanizadas mais importantes, pois facilita a implantação da cultura, e conseqüentemente proporciona uma boa produtividade (DAGIOS, 2018).

Segundo Nestlehner et al. (2018), diversos fatores podem influenciar na excelência do processo de semeadura, dentre eles as sementes, o solo, as máquinas e o clima. Destacando-se os aspectos relacionados à mecanização, a regulagem da semeadora, velocidade, profundidade, distribuição longitudinal das sementes, sobreposição e espaçamento entre linhas. A velocidade de deslocamento do conjunto trator-semeadora é uma das principais regulagens, tendo em vista que o aumento excessivo na operação de semeadura pode influenciar negativamente na implantação da cultura, e conseqüentemente na produtividade. (VIAN et al., 2016).

O ajuste do conjunto trator-implemento com o sistema de piloto automático ajustado a uma linha referencial, pode proporcionar garante acréscimo na produtividade final de até 20%, além de economia no uso de combustível (RANSOLIN, 2019). Na semeadura o piloto automático permite a instalação da cultura com paralelismo de alta qualidade e alinhamentos com espaçamento pré-determinado, o que proporciona uma colheita mecanizada com menores perdas e maior rendimento operacional (CARVALHO, 2019).

Segundo Garcia et al. (2016) a utilização de piloto automático, pode gerar economia em termos de tempo e custo operacional na semeadura, devido ao aumento da eficiência no processo, além de promover a diminuição do risco de sobreposições de linhas. Dagios (2018) realizou uma avaliação da sobreposição na semeadura do milho com utilização de semeadoras de precisão, e concluiu que as semeadoras equipadas com piloto automático com sinal RTK, realizam uma operação mais eficaz. Zerbato et al. (2019), verificou a qualidade na semeadura do amendoim com direcionamento automático e concluiu que o paralelismo entre passagens do conjunto trator-semeadora foi mais preciso ao usar o piloto automático. Bettio (2016) avaliou o uso de direcionamento automático com sinal de RTX e observou aumento na qualidade da semeadura, pois

apresentou maior número de espaçamentos aceitáveis e menor número de espaçamentos duplos, em relação ao piloto manual.

No entanto, os estudos anteriores apesar de apresentarem resultados favoráveis em relação a utilização do piloto automático, os sinais que os mesmos operaram, possuem alto custo aquisitivo. Segundo Chagas (2020), embora o sinal RTK demonstre maior precisão nas operações agrícolas, seu elevado custo inicial não é viável para um retorno a curto prazo, e o sinal RTX devido as funções dos equipamentos e as assinaturas dos serviços, só se torna acessível em áreas superiores a 200 hectares. Nesse sentido, nota-se a importância da utilização de diferentes sinais de GNSS, que possuam baixo custo e uma precisão de qualidade, que possa atender as necessidades do pequeno, médio e grande produtor.

A utilização de técnicas estatísticas possui uma alta relevância no sistema produtivo, onde auxiliam na gestão das operações agrícolas. O controle estatístico de processo (CEP), que é uma das principais ferramentas do controle estatístico de qualidade (CEQ), vem tomando espaço principalmente nas operações mecanizadas, pois permite uma melhor visualização das falhas ou instabilidades ocasionadas no processo e assim consequentemente viabiliza a qualidade operacional (PEREIRA, 2019). Entre as funções disponibilizadas no CEP, as cartas de controle e os gráficos sequenciais se sobressaem, em razão da maior eficácia na análise da variabilidade dos seguimentos (MONTGOMERY, 2009).

A mesorregião Leste Maranhense é uma fronteira agrícola em crescimento e com expressiva importância para a produção agrícola no estado, entretanto as pesquisas científicas na área de mecanização agrícola e agricultura de precisão, mais notadamente na semeadura das culturas, ainda são escassas, e com o aumento no custo de produção nos últimos anos, é necessário que o produtor aperfeiçoe suas práticas agrícolas e invista em tecnologia para maximizar sua eficiência (CARVALHO, 2019). Assim, diante do exposto, a hipótese deste trabalho é que a utilização de um sinal de GNSS de baixo erro e com menor custo, relacionado com as diferentes velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora, influencia positivamente na qualidade da operação da semeadura.

2. OBJETIVOS

2.1.Objetivo geral

Avaliar a qualidade na operação de semeadura em função da utilização de diferentes sinais de correção e velocidade de deslocamento.

2.2.Objetivos específicos

- Avaliar o melhor sinal para o processo de paralelismo;
- Avaliar o sinal de maior qualidade e a melhor velocidade para a profundidade de disposição das sementes;
- Avaliar o sinal de maior qualidade e a melhor velocidade para distribuição longitudinal de sementes.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1.Semeadura mecanizada

As primeiras indústrias agrícolas surgiram no século XVIII, onde as tecnologias em mecanização agrícola ainda não existiam. A agricultura se encontrou com diversos desafios, devido ao aumento constante da procura por alimento no mundo, com isso viu-se necessário um investimento em tecnologia e inovação, assim no século seguinte, foram desenvolvidas as primeiras máquinas agrícolas nos EUA. Esta criação permitiu aos pesquisadores observarem que as semeadoras eram uma das principais máquinas, tendo em vista que proporcionavam rendimento dos insumos e aumentavam a produtividade (ANZILIERO, 2021).

Segundo Anzieliéro (2021), até início do século XX a semeadura ainda era realizada de forma manual ou com tração animal. Com o processo de modernização das semeadoras, observou-se que se teve aumento na capacidade operacional em relação a produtividade. Atualmente existe diversos tipos de semeadoras, algumas com sistemas de fluxo contínuo (sem precisão) e as de precisão, estas que são relacionadas ao tipo de distribuição de sementes (PALUDO, 2019).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), as semeadoras são classificadas de acordo com a sua forma de distribuição de sementes, onde podem ser de precisão com seus dosadores por gravidade (de disco horizontal) e a vácuo (disco vertical), estes que são encarregados pela semeadura uma a uma, graúdas ou agrupadas, assim obedecendo à densidade de deposição estipulada.

3.2.Fatores que afetam a qualidade da semeadura

A operação de semeadura afeta diretamente no rendimento da safra, com isso necessita de técnicas de precisão e alta performance na sua execução, para melhor desempenho da cultura em questão. Vários fatores podem influenciar na qualidade da semeadura, como: característica da semente, condições do solo, clima, e principalmente aspectos relacionados a regulagem da semeadora, como velocidade de deslocamento, que conseqüentemente afeta a distribuição longitudinal ideal, a profundidade de deposição da semente correta e o paralelismo entre linhas. (FONSECA, 2021).

A distribuição longitudinal e a profundidade, são dois fatores primordiais, que

afetam diretamente no rendimento da safra, pois de acordo com Gundim et al. (2019) a distribuição do número de plantas por área implicará na produtividade final da cultura, devido à competitividade por luz e nutrientes em um pequeno espaço por sementes duplas, ou com a redução de plantas em sementes falhas. E conforme Knierim (2018) a profundidade possui alta relevância no processo, pois se a profundidade da semente exceder o limite necessário, o embrião vai precisar de mais tempo para aflorar, com isso a planta ficará mais exposta aos desgastes e possivelmente afetará a germinação. E caso a semente esteja superficialmente no solo, poderá originar plantas com baixo vigor, por estarem expostas ao excesso ou escassez de chuva ou sol (GITORI, 2017).

No que se refere aos erros de paralelismo, estes que são ocasionados devido ao deslocamento lateral entre as passadas do conjunto trator-equipamento e que possuem influência da velocidade inadequada, principalmente quando são destinados a percursos curvos e/ou pela declividade do terreno (NICOLAU, 2020). Segundo Santos (2016), esse indicador está diretamente ligado a qualidade da operação de semeadura e até mesmo da colheita, pois se as passadas irregulares do conjunto mecanizado causarem sobreposições ou falhas nas fileiras, podem influenciar no aumento de perdas e consequentemente na produtividade das culturas.

3.3.GNSS (Sistema de navegação global por satélite)

O Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS), são todas as constelações de satélites que fazem parte da tecnologia de posicionamento, e a sua aplicabilidade principal, é a definição da posição por coordenadas para itens que estejam localizados na superfície terrestre, e também disponibilizar coordenadas para operações que necessitam de alguma determinada orientação. (SANTOS, 2017). As principais propriedades desse sistema são: plenitude, flexibilidade e fornecimento de um serviço constante aos usuários, e tem por base satélites artificiais que viabilizam os dados de navegação em tempo real, serviços de posicionamento em vários estágios de precisão (SANTOS 2016).

Segundo Pozzuto et al. (2020), o surgimento dos GNSS ocorreu por volta da década de 1970, e o primeiro desses sistemas foi o Sistema de Posicionamento Global (GPS), devido a deficiência de precisão dos sistemas de localização dessa época, principalmente em relação ao posicionamento global, e atualmente é o mais ativo e eficaz. Porém com o avanço e o incremento de novas tecnologias, viu-se a necessidade de um

método de posicionamento mais preciso e com correção em tempo real, com isso surgiu a cinemática relativa em tempo real (RTK) via rádio (figura 1.), que de acordo com Baio & Moratelli (2011) permite que a qualidade das posições sejam estabelecidas na ordem de 2,5 centímetros, e também exige o uso de uma estação de base que possua coordenadas conhecidas, próximo da máquina com o receptor, onde conseqüentemente eleva o nível no posicionamento, esses fatores o tornaram o sistema mais utilizado na agricultura onde vem se destacando principalmente na área da agricultura de precisão (SANTOS, 2016).

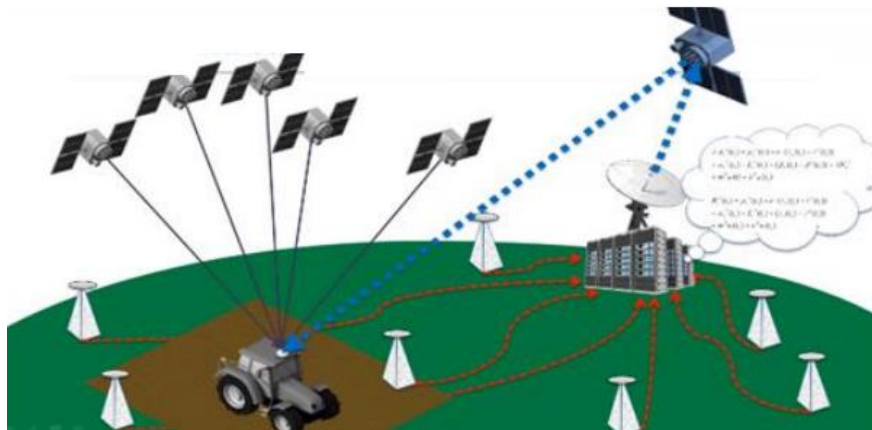


Figura 1. Posicionamento relativo (RTK) Fonte: Adaptado de Trimble RTX CenterPoint (2016).

Apesar do RTK garantir um alto nível de precisão, esse sistema de correção acaba tendo custos mais elevados, pois quando a distância entre a base e o *rover* se encontra acima de 10 km, o sinal apresenta falhas, onde se vê a necessidade de instalação de diversas bases ou repetidores de sinal (PERESZ-RUIZ e UPADHYAYA, 2012). Diante disto, o método de posicionamento de ponto preciso (PPP), um sinal de extensão em tempo real (RTX), que foi recentemente adotado na agricultura, necessita apenas de um GNSS receptor na máquina corpo, e pode proporcionar precisão acima de 2 cm (MONICO, 2008). Segundo Rizos et al. (2012) esse sinal compõe-se em várias bases de referências distribuídas em todo o mundo, onde proporciona correções de posição da máquina em campo, e de acordo com o fornecedor do sinal, podem garantir até 3,8 cm de precisão (figura 2.)

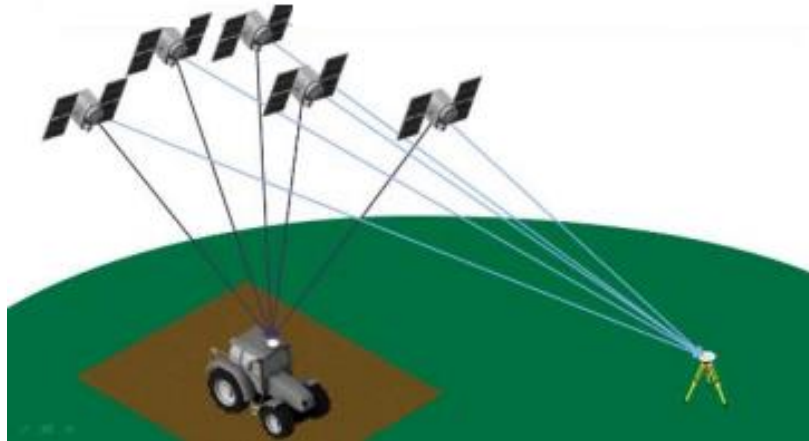


Figura 2. Posicionamento por ponto preciso (RTX) Fonte: Adaptado de Trimble RTX CenterPoint (2016).

Diante dos elementos que fazem parte da agricultura de precisão, que é este novo conceito em agricultura, que visa um monitoramento mais detalhado da produção agrícola, os produtores rurais vem cada vez mais investindo em tecnologias que prometem aprimorar o gerenciamento de área de cultivo, os GNSS vêm se destacando e possuindo grande relevância no processo, tendo em vista que atualmente vem sendo bastante utilizado em monitoramentos de produtividade das lavouras, distribuição adequada de insumos, georreferenciamento, gestão remota de máquinas, piloto automático e diversos outros (DELAZARI, 2012).

Zerbato (2015) utilizou piloto automático na semeadura do amendoim, com GNSS e obteve resultados satisfatórios em relação ao paralelismo entre as passadas do conjunto trator-semeadora, que está associado a melhor qualidade da operação. Dagios (2018) avaliou a sobreposição na semeadura do milho utilizando semeadora de precisão com correção RTK e concluiu que semeadoras com desligamento automático de sessão realizam uma operação mais eficaz, proporcionam economia nos insumos e assim proporcionando aumento na produtividade.

3.4.Direcionamento automático

Na década de 1990 surgiu o desenvolvimento dos sistemas de direcionamento, isso quando os GNSS já se encontravam inseridos e popularizados no mercado da agricultura. A primeira aplicação dessa tecnologia de direcionamento foi a barra de luz, que foi responsável por introduzir os GNSS em operações mecanizadas, onde conduz o operador por meio de luzes indicadoras, que ajusta de forma manual a localização do

veículo para prosseguir o trajeto desejado (GOEHL, 2015).

A partir disso surgiram os sistemas de piloto automático, que são utilizados em conjunto com receptores de sinais do sistema GPS, estes que direcionam e corrigem o veículo no decorrer do percurso no campo, através de atuadores no volante ou direto no seu rodado. Porém ainda é necessário realizar as manobras de cabeceiras manualmente, que são realizadas pelo operador do equipamento (GARCIA et al. 2016).

A utilização do piloto automático pode proporcionar um leque de vantagens em relação a operações agrícolas mecanizadas, como maior velocidade operacional, diminuição de consumo de óleo diesel, e maior eficiência na aplicação de insumos (BAIO, 2011). De acordo com Pagnam (2018), a semeadura é a que mais utiliza o sistema de piloto automático, tendo em vista que pode ser utilizado em vários tipos de semeadoras, além de conseguir gerar economia de tempo e custo operacional. Bettio et al. (2016) complementa que essa tecnologia reduz os riscos de uma elevada compactação em áreas que o controle de tráfego de máquinas sempre utilizam o mesmo rastro e também ocasiona a redução de sobreposições e falhas na aplicação.

Santos (2016) recomenda-se que o produtor utilize o direcionamento automático com sinal RTX na semeadura do amendoim, a partir dos resultados satisfatórios que obteve em relação a redução de sobreposições de paralelismo. Após os resultados obtidos em sua pesquisa, Bettio et al. (2016) notou que o sistema de piloto automático aumenta a qualidade da semeadura do trigo, pois apresentou maior número de espaçamentos aceitáveis e reduziu o número de espaçamentos duplos, em relação ao piloto manual.

3.5. Controle estatístico de processos

O Controle Estatístico de Processos (CEP), faz parte das ferramentas de qualidade do Controle Estatístico de Qualidade (CEQ), onde é um conjunto de técnicas e habilidades essenciais para a resolução de problemas com intuito de atingir a estabilidade do processo, o crescimento da capacidade através da redução da variabilidade, e assim uma melhoria contínua de um processo de produção (TOLEDO, 2006).

Desde a pré-história, quando o homem criou seu primeiro artefato, existe essa apreensão em relação a qualidade do produto, porém somente no século XX essa qualidade passou a ser vista e discutida, isso com a introdução do conceito de produção.

A partir disso, foi desenvolvido o CEP, que de início era utilizado por indústrias que buscavam atender as necessidades dos clientes com qualidade, o que acabou abrindo para o mundo a importância de analisar a produção e o produto, por meio de processos estatísticos que reduzam a variabilidade (RAMOS, 2010).

O CEP se destaca em relação as outras ferramentas dentro do controle de qualidade, pois possui as cartas de controle, que atualmente são consideradas as mais utilizadas, por possibilitarem o monitoramento e a identificação das causas especiais de variação (BRITO FILHO, 2021). De acordo com Ramos (2010) as cartas de controle têm como objetivo principal, verificar se o processo é estatisticamente estável, a permanência da estabilidade e o aperfeiçoamento contínuo do processo.

Segundo Montgomery (2016) carta de controle é representação em gráficos de uma característica da qualidade que foi analisada, ou calculada a partir de uma amostra *versus* o número da amostra ou do tempo. Essas que junto com os gráficos sequenciais se sobressaem, devido ser uma maneira mais eficaz de analisar a variabilidade dos seguimentos. Nessa representação são gerados os gráficos de controle em variáveis e gráficos para identificar as causas da instabilidade não inerentes ao processo que são considerados críticos. Esses gráficos apresentam linhas centrais (LC) (média geral e amplitude média) bem como os limites de controle superior e inferior (LSC e LIC) (figura 3.)

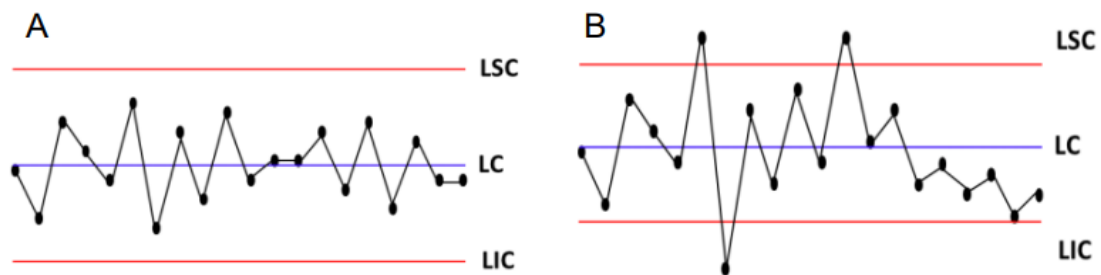


Figura 3. Exemplo de cartas de controle. A: processo está sob controle estatístico. B: processo está fora de controle estatístico. LSC: Limite Superior de Controle. LC: Linha Central. LIC: Limite Inferior de Controle. Fonte: Oliveira et al. (2013).

Devido a exigência por produtos de alta qualidade, o uso do CEP passou a ser primordial na agricultura, tendo em vista os bons resultados e eficiência na análise dos processos. Quando aplicadas as operações mecanizadas, estas que sofrem com atuação de fatores externos e conseqüentemente obtêm uma dispersão maior dos dados, esse controle permite a identificação das causas que podem influenciar na qualidade da operação, e

assim planejar a correção, reduzir desperdícios, falhas e custos, ou seja, se tem um aumento na produtividade e é inserido de diversas vantagens em relação a competitividade no campo (ZERBATO et al. 2013; BRITO FILHO, 2021).

Segundo Silva e Voltarelli, (2015), o primeiro trabalho registrado com uso do CEP na agricultura brasileira foi realizado por Lopes et al (1995). Após isso autores como (SILVA et al., 2007) identificaram através das cartas de controle que a colheita do algodão não estava nos padrões de qualidade. Arcoverde et al., (2016), avaliou os indicadores de qualidade na operação de semeadura do milho através das cartas de controle, e notou a instabilidade no processo que estava ligada aos fatores maquina, mão de obra e ambiente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O estudo ocorreu em lavoura comercial na Fazenda Barbosa, localizada no município de Brejo-MA, mesorregião do Leste Maranhense. O solo da área experimental é classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso (DANTAS, 2014). Segundo a classificação de Thorntwaite, o clima da região pode ser definido como C₂W₂A'a', ou seja, subúmido, megatérmico e com moderada deficiência de água no inverno, com precipitação pluviométrica anual entre 1600 a 2000 mm (MARANHÃO, 2002).

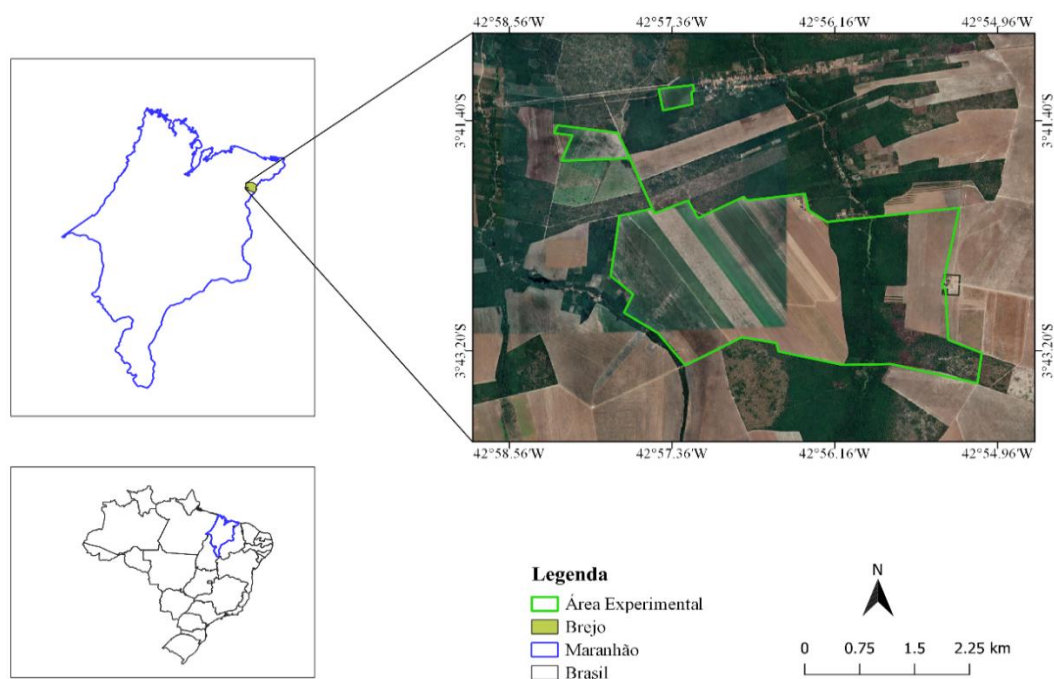


Figura 4. Mapa de localização da área experimental

4.2. Equipamentos

A semeadura foi realizada no dia 03 de fevereiro de 2020, utilizando um sistema semeadora-adubadora de precisão com distribuição pneumática, da marca Jumil, modelo JM3080PD Pantográfica e Magnum, com 13 linhas, espaçamento de 0,50 cm, mecanismos sulcadores para adubo e discos duplos desencontrados para sementes (Figura 5). Utilizou-se sementes do híbrido de milho Viptera 3. A semeadora-adubadora foi regulada para realizar a distribuição de 3,1 sementes por metro, na profundidade de 4 cm.



Figura 5. Semeadora-adubadora de precisão com distribuição pneumática, da marca Jumil, modelo JM3080PD Pantográfica e Magnum.

A operação foi realizada por um trator da marca John Deere, modelo 7225J, motor de 225 cv, recebendo os sinais SF1 e SF2 onde são serviços de correção a partir de satélites geostacionários e disponíveis exclusivamente para receptores John Deere. O SF2 apresenta correção não gratuita baseada em frequência dupla, com erro de ± 5 cm, e o SF1 é gratuito com ± 23 cm de erro através de uma antena *StarFire*TM 3000 com monitor *GreenStar*TM 3 também da marca John Deere (JOHN DEERE, 2021).



Figura 6. Antena StarFire™ 3000 com monitor GreenStar™ 3. Fonte: (JONH DEERE, 2021)

4.3. Indicadores de qualidade

O experimento foi realizado através de esquema em faixas, seguindo as premissas do controle estatístico de processo (CEP), avaliando os tratamentos em função do tempo e do espaço. Foram testadas 3 velocidades de deslocamento do conjunto trator-semeadora (5 km.h^{-1} , 6 km.h^{-1} e 8 km.h^{-1}), com os dois sinais de correção de direcionamento automático (SF1 e SF2) para avaliar a profundidade de semeadura e distribuição longitudinal da sementes.

Quanto à qualidade da operação em função da variabilidade, os resultados foram analisados utilizando uma ferramenta de controle estatístico de qualidade (CEQ), que é o controle estatístico de processo (CEP), usada para controle de qualidade das etapas no processo. Eles foram utilizados para avaliar gráficos de controle em variáveis e gráficos para identificar as causas da instabilidade não inerentes ao processo que são considerados críticos. Esses gráficos apresentam linhas centrais (média geral e amplitude média) bem como os limites de controle superior e inferior (LSC e LIC, respectivamente), calculado com base no desvio padrão das variáveis como demonstrado nas equações (1) e (2) (SILVA, 2015).

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

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

Em que,

LSC = limite superior de controle;

\bar{X} = média geral da variável;

σ = desvio-padrão; e LIC = limite inferior de controle.

4.4. Delineamento experimental e análise estatística

Para o indicador de paralelismo entre linhas, a velocidade de deslocamento não foi analisada, analisou-se somente as correções SF1 e SF2, na velocidade de 5 km.h⁻¹ para ambos. Utilizou-se uma trena graduada para medir o espaçamento entre linhas, coletando-se 108 pontos no total, sendo 54 pontos para cada sinal de correção.

No tocante a profundidade, foi realizado uma abertura manual de 1,0 m, na extensão dos sulcos de plantio nas quatro fileiras centrais de cada ponto, após a semeadura, de maneira atenciosa até a identificação das sementes, onde verificou-se a profundidade de disposição das sementes com uma régua graduada milimetricamente, com intuito de medir a profundidade da semente até a superfície do solo (Figura 7). Em cada sinal de correção foram coletados 36 pontos nas 3 velocidades de semeadura totalizando 216 pontos.



Figura 7. Verificação da profundidade das sementes.

Verificou-se, ainda, a distribuição longitudinal de sementes, onde a distância entre as sementes foi mensurada com trena graduada centimetricamente. Os espaçamentos entre sementes (X_i) foram avaliados de acordo a classificação discutida por Kurachi et al. (1989), determinando-se o percentual de espaçamentos correspondentes às classes, normal ($0,5 X_{ref} < X_i < 1,5 X_{ref}$), múltiplo ($X_i < 0,5 X_{ref}$) e falho ($X_i > 1,5 X_{ref}$), baseado em espaçamento de referência (X_{ref}), de acordo com a regulagem da

semeadora. Com isso, foram coletados 18 pontos para cada velocidade, onde 54 pontos estavam usando o sinal SF1 de e 54 utilizaram o sinal SF2, totalizando 108 pontos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção apresenta-se os resultados das cartas de controle para a avaliação do processo de semeadura do paralelismo (seção 5.1), e em seguida é avaliada a qualidade do processo quanto a profundidade e as distâncias longitudinais, (seção 5.2 e 5.3), respectivamente, em dois diferentes sinais de correção (SF1 e SF2) e velocidades de deslocamento.

5.1. Qualidade do processo de semeadura quanto ao paralelismo da linhas de plantio, para diferentes sinais de correção SF1 e SF2.

Na carta de controle para erros de paralelismo (figura 8), observa-se que as duas operações de semeadura, tanto com o sinal SF2 (+/- 5 cm), quanto com o sinal SF1 (+/- 23 cm), apresentaram instabilidade no processo, tendo em vista que os dois tiveram pontos fora dos limites de controle. No entanto, o SF2 apresentou menor variabilidade, onde mostrou uma constância de pontos mais próximos da média, já o SF1, mostrou-se com alta variabilidade, com mais pontos instáveis e mais distantes da média, assim sendo, demonstrando mais erros de paralelismo entre linhas para a operação de semeadura. É importante ressaltar que o espaçamento entre linhas desejado pelo produtor é de 50 cm, o que demonstra que o SF2 apresentou mais pontos dentro do que seria o ideal para esta operação. Costa; Epprecht e Carpinetti (2005) explicam que por mais que o processo esteja com baixa variabilidade, sempre poderá ter influência de alguma causa especial ou natural, que pode ocasionar instabilidade, ou seja, poderá ter pontos fora de controle estatístico, provavelmente relacionadas com as causas naturais, que são inerentes ao processo, pois as mesmas não são controladas. O que justifica os pontos fora de controle no SF2, tendo em vista que os mesmos apresentaram constância e foram quase insignificativos em relação ao SF1.

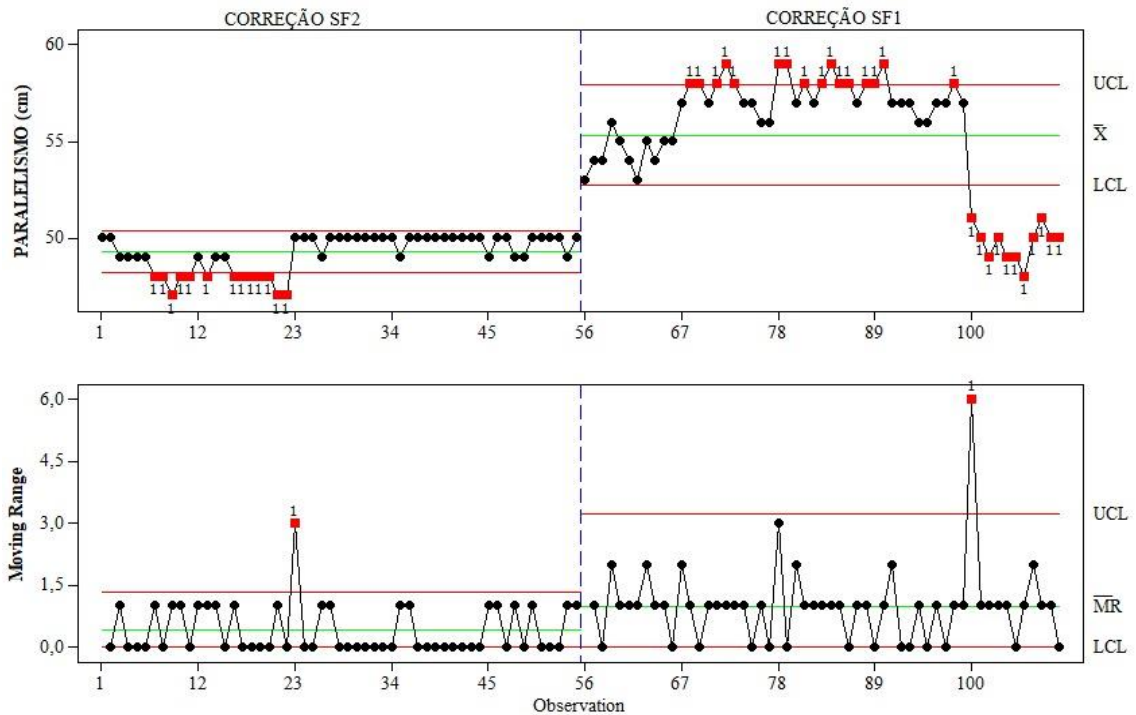


Figura 8. Cartas de controle para paralelismo entre linhas (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

5.2. Qualidade do processo de semeadura quanto a profundidade de sementes, para diferentes sinais de correção SF1 e SF2 em f velocidade de deslocamento 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 8 km.h⁻¹

Para profundidade na velocidade de 5 km.h⁻¹ (figura 9), verificou-se a partir do gráfico de valores individuais que o sinal SF2 não apresentou pontos fora dos limites (UCL, LCL), porém o gráfico de amplitude móvel, mostrou que há pontos fora de controle, devido a isso, as duas operações de semeaduras apresentaram instabilidade. No entanto, Albiero et al. (2012) e Melo et al. (2013), relatam o fato de que o processo pode ser considerado estável se os pontos que se encontram fora do limite de controle forem retirados, desde que mais de 95% dos pontos restantes estejam dentro do limite de controle. A menor variabilidade foi verificada para o SF2 com pontos mais próximos da média (3,5 cm), aproximando-se da profundidade determinada pelo produtor (4 cm). Com isso caracteriza a correção SF2, como o mais indicado no quesito qualidade para o indicador de profundidade com a velocidade de deslocamento de 5 km h⁻¹.

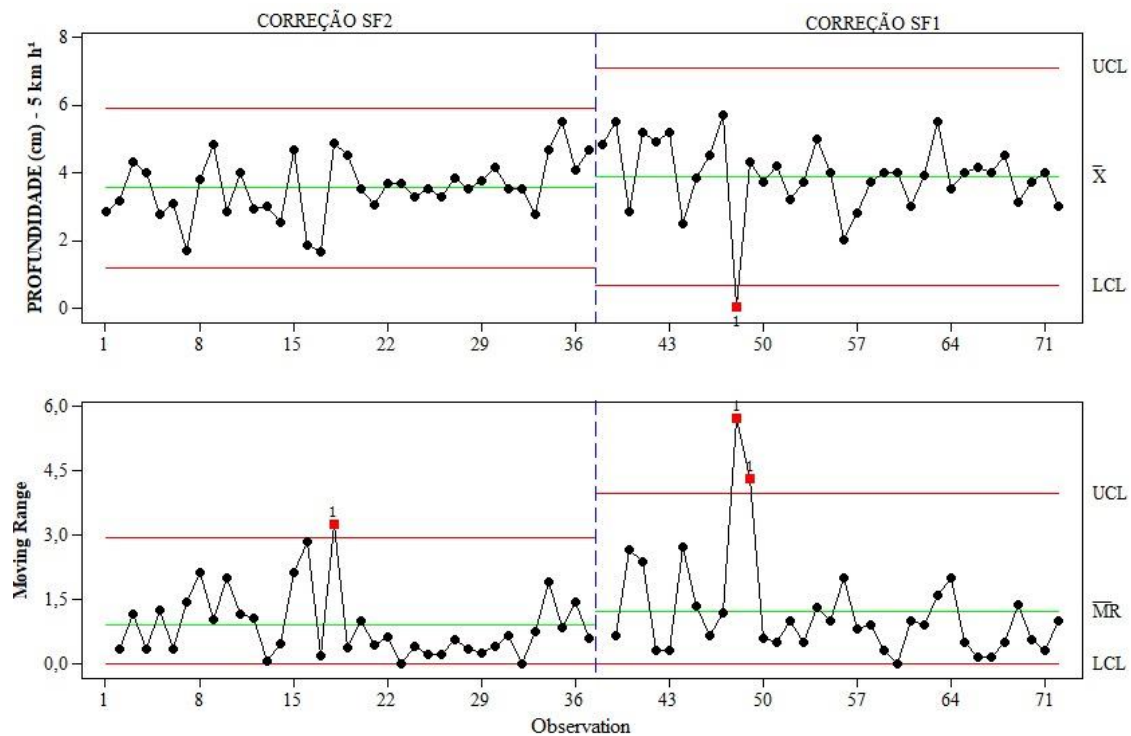


Figura 9. Cartas de controle para profundidade de sementes na velocidade de 5 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

De acordo com a figura 10, para o indicador de qualidade profundidade, com a velocidade de 6 km.h⁻¹, observou-se características semelhantes à velocidade 5 km.h⁻¹, onde ambos os processos não estiveram sob controle estatístico, ou seja, apresentaram pontos fora dos limites de controle, porém, apesar do SF2 ter apresentado mais pontos instáveis, o mesmo mostrou-se com menor variabilidade. Em relação à média, observou-se que o SF2 apresentou média de 3,37 cm, enquanto que o para o SF1 a média de profundidade foi de 4,31 cm. Fancelli e Dourado Neto (2000) descrevem que a profundidade ideal para cultura do milho em solos argilosos varia em torno de 3,0 e 5,0 cm de profundidade, e para solos arenosos, entre 4,0 e 6,0 cm. No entanto, recomendar a profundidade ideal não é tão simples, tendo em vista que a mesma está relacionada a fatores como a temperatura, umidade e as propriedades físicas e químicas do solo, o clima e manejo correto da cultura (SILVA et al., 2008).

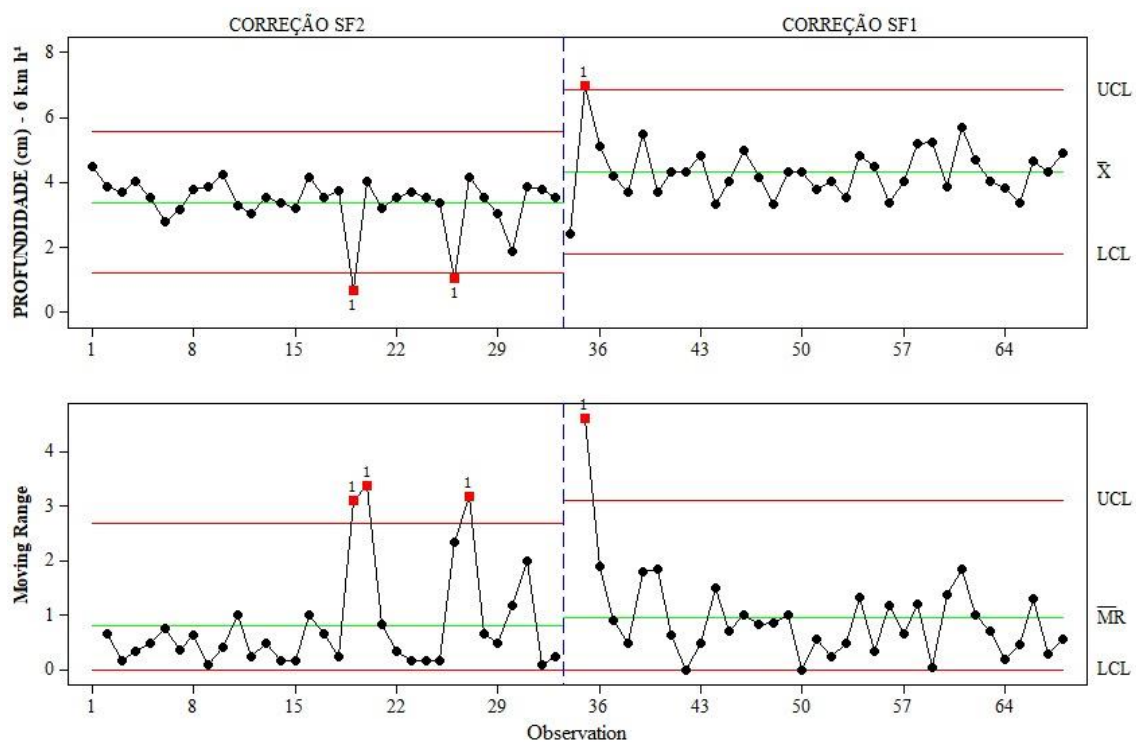


Figura 10. Cartas de controle para profundidade de sementes na velocidade de 6 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

Para velocidade de deslocamento de 8 km.h⁻¹, para o indicador a profundidade (figura 11), observa-se que ambos os processos mantiveram-se sob controle estatístico, no entanto o gráfico de amplitude móvel a correção SF2 identificou dois pontos fora dos limites, com isso, podemos aferir que esta operação apresentou instabilidade no processo, enquanto que o SF1 mostrou-se estável pois não apresentou estas características. No entanto, assim como o SF2, o SF1 apresentou alta variabilidade quando comparados com as outras velocidades de deslocamento, provavelmente provocadas por causas aleatórias (extrínsecas). Podemos destacar que para o indicador profundidade, as operações com o sinal B apresentou maior variabilidade em todas as velocidades de deslocamento.

Diante disto, observa-se que o aumento da velocidade para 8 km h⁻¹ resultou em mais pontos distantes das médias de profundidades recomendadas, o que causou maior variabilidade em ambos os sinais de GNSS (sinal SF2 e SF1). Deste modo, a realização da operação de semeadura de forma inadequada em relação a profundidade, pode prejudicar a germinação e seu desenvolvimento (SOUSA et al., 2019). Onde o aumento da profundidade afeta diretamente solos arenosos, pois influencia na germinação, onde um dos fatores principais é uma maior disponibilidade de água em contato com as sementes (TEIXEIRA et al., 2018). Ao passo que quanto menor a profundidade, maior a

susceptibilidade da semente a estresses hídricos (Weirich Neto et al. 2007).

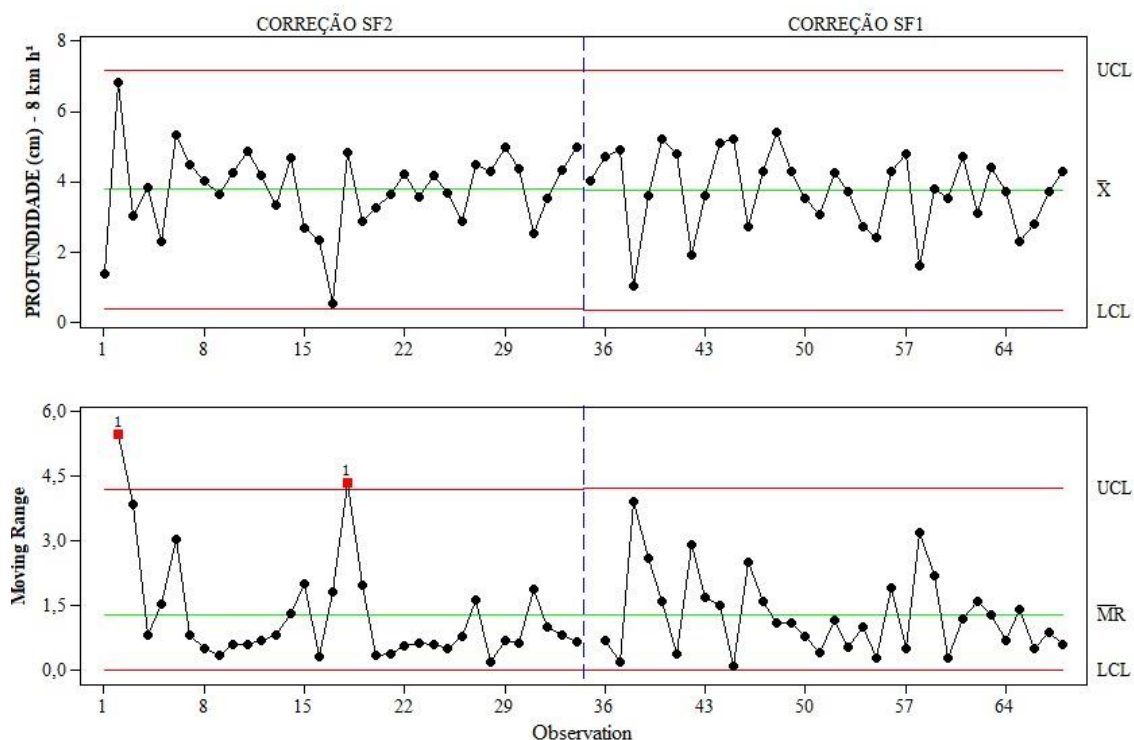


Figura 11. Cartas de controle para profundidade de sementes na velocidade de 8 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

5.3. Qualidade do processo de semeadura quanto a distância longitudinal das sementes em diferentes sinais de correção SF1 e SF2 na velocidade de deslocamento 5 km.h⁻¹, 6 km.h⁻¹ e 8 km.h⁻¹

A figuras 12 e 13 mostram as cartas de controle para o indicador de distribuição longitudinal com sementes duplas nas velocidades de 5 km.h⁻¹ e 6 km.h⁻¹, respectivamente. É notável a constância na leitura dos pontos no SF2, onde todas as leituras foram 0% de sementes duplas, apresentando alta estabilidade para as duas velocidades, e não apresentando variabilidade no processo, que indica qualidade na operação. Quando analisamos a qualidade de semeadura para a distribuição longitudinal, o ideal, é que a frequência de espaçamentos duplos ou falhos, sejam nulos ou próximos de zero (FURLANI et al., 2010). Para este trabalho, observou-se que as leituras para a operação com a correção SF1, em ambas as velocidades, apresentam pontos fora do controle estatístico, com isso, constatou-se instabilidade e alta variabilidade do processo.

Nesse sentido, o sinal SF2 mostrou-se mais eficaz que a operação com SF1. Bettio

(2016) avaliou a operação de semeadura a partir do uso de sinais de GNSS, o RTX Center Point de erro +/-3,8 cm, e constatou que esse sistema mostrou-se ser vantajoso, pois ocasionou redução de sementes duplas e aumento de espaçamentos aceitáveis. Neste contexto, evitar a ocorrência de sementes duplas é essencial para evitar a competição intrínseca entre plantas o que pode reduzir a produção fotossintética, disponibilidade de água e desenvolvimento vegetativo (LINDEMBERG, 2019). Logo, manter a uniformidade de distribuição de sementes no campo, é importante, e sistemas de direcionamento automático com baixo erro, são uma excelente alternativa para melhorar a qualidade das operações mecanizadas.

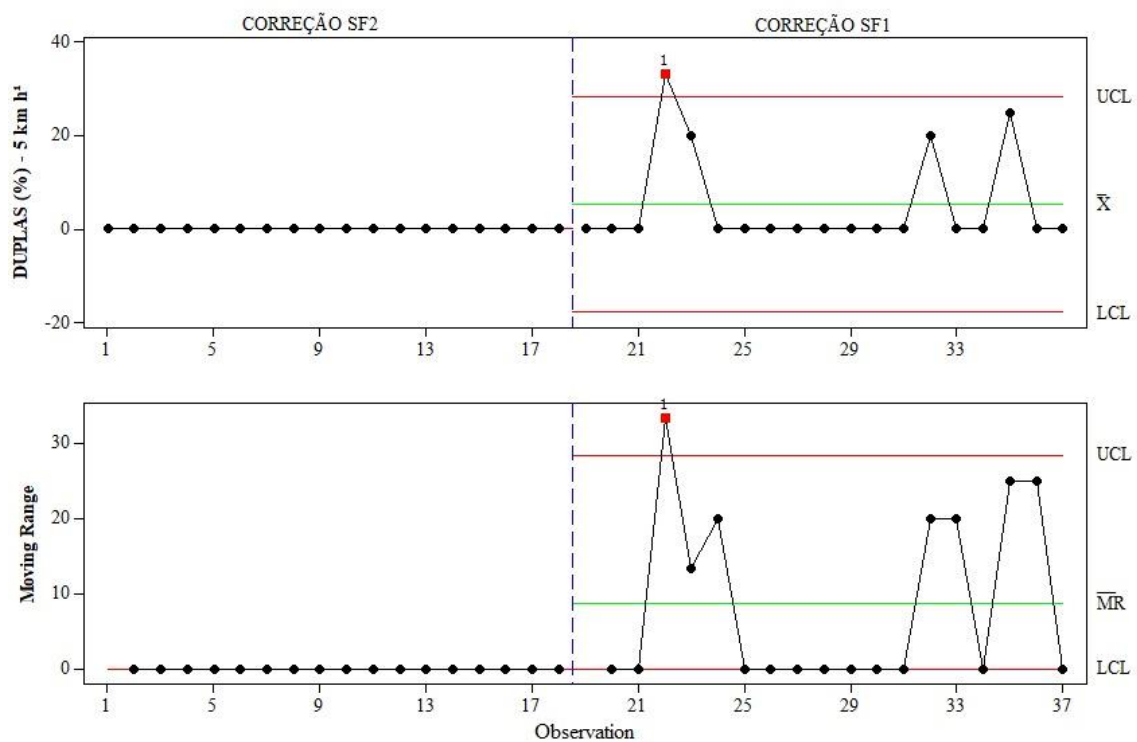


Figura 12. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas na velocidade de 5 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

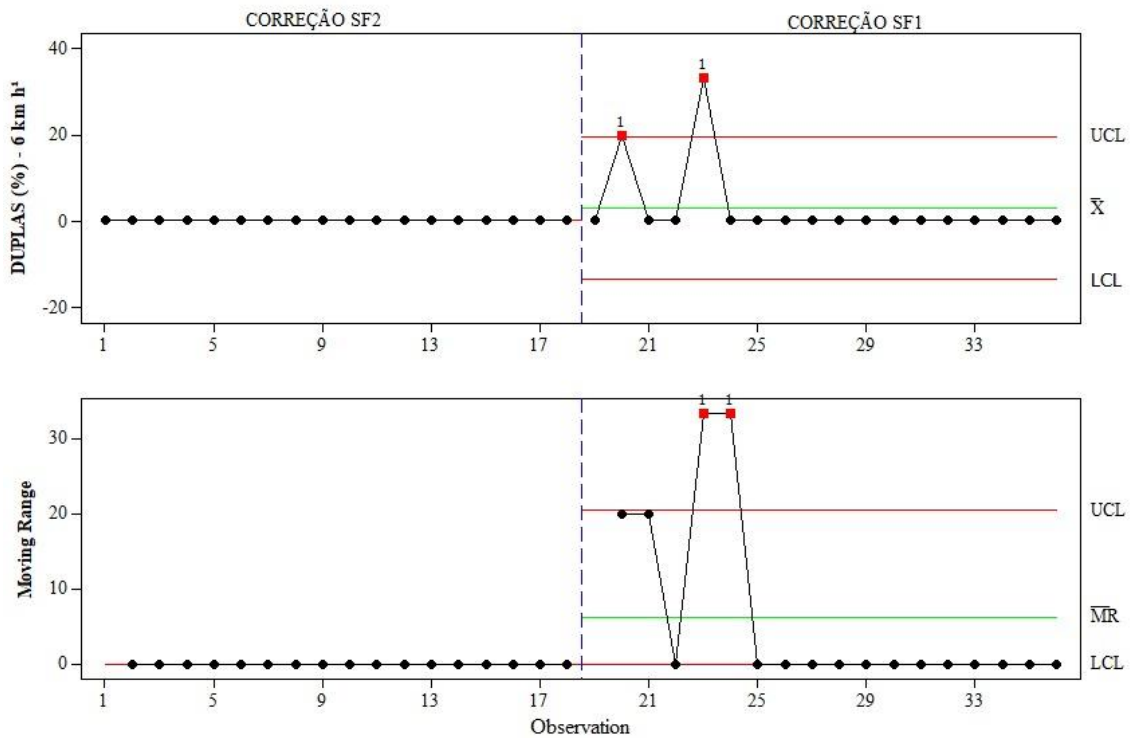


Figura 13. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas na velocidade de 6 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

Na condição de distribuição de sementes duplas para a velocidade de 8 km.h⁻¹ (figura 14), tanto o SF2, quanto o sinal SF1, mostraram-se com a mesma quantidade de pontos fora dos limites de controle, caracterizando instabilidade no comportamento de distribuição de sementes duplas. No entanto, em relação à variabilidade, observa-se que o SF2 se comportou ligeiramente melhor, tendo em vista que o SF1 apresentou uma maior porcentagem de sementes duplas (33%). No tocante a velocidade ideal para este indicador de qualidade, é notável que a partir do aumento das velocidades, a porcentagem de sementes duplas aumentou quando se utilizou o SF2.

Reafirmando os resultados de autores como Mahl et al. (2004), que após realizarem ensaios diversificando as velocidades de semeadura, concluíram que as velocidades de 4,4 e 6,1 km.h⁻¹ apresentaram maior eficiência na distribuição longitudinal de sementes do milho, do que a velocidade 8,1 km.h⁻¹, concluindo também que o aumento da velocidade de semeadura proporcionou maior percentual de espaçamentos duplos e falhos. É importante destacar que, para o sinal SF1 a velocidade de 8 km h⁻¹ apresentou menor variabilidade em relação as demais.

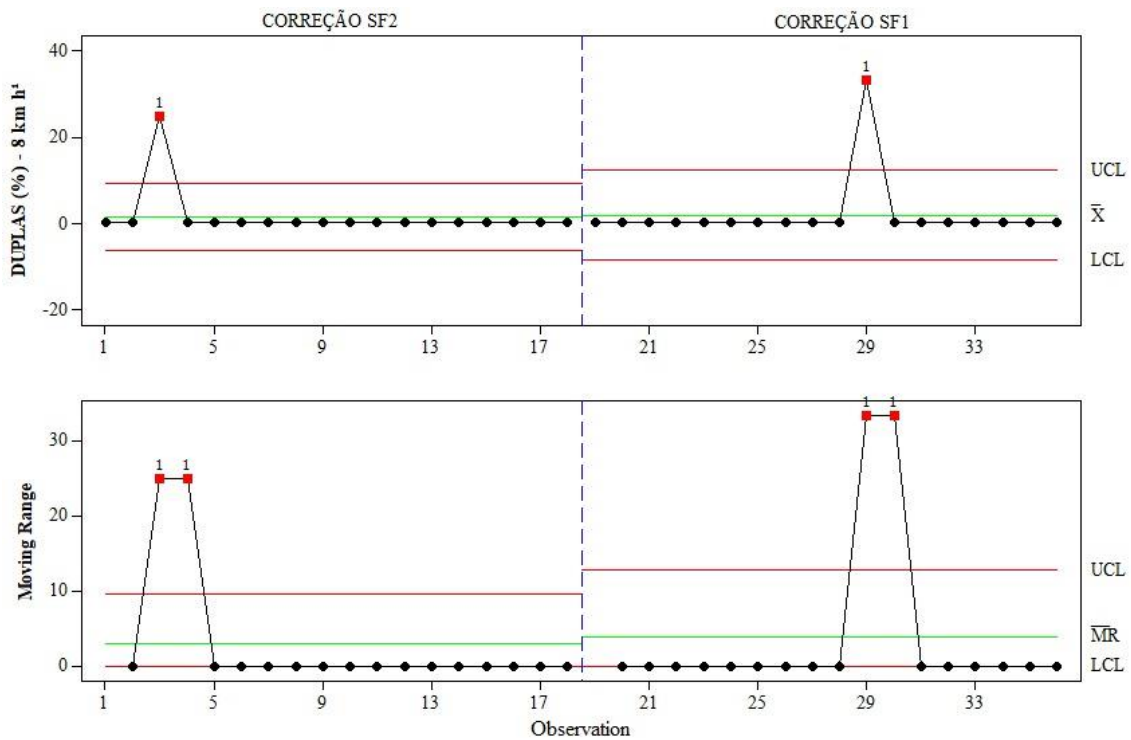


Figura 14. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes duplas na velocidade de 8 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

No tocante a figura 15, que é a carta de controle para o indicador de sementes falhas na velocidade 5km/h, observa-se que o SF2 e o SF1, ambos não apresentaram todos os pontos sob controle, sendo a correção SF2 com dois pontos fora, apresentando maior instabilidade no processo em relação ao SF1. No entanto, o SF2 apresentou maiores pontos com 0% de falhas, demonstrando menor variabilidade, tendo em vista que o sinal SF1 apresentou pontos dispersos e com maiores amplitudes. A baixa variabilidade evita falhas no processo e indica qualidade na operação (BRITO FILHO, 2021).

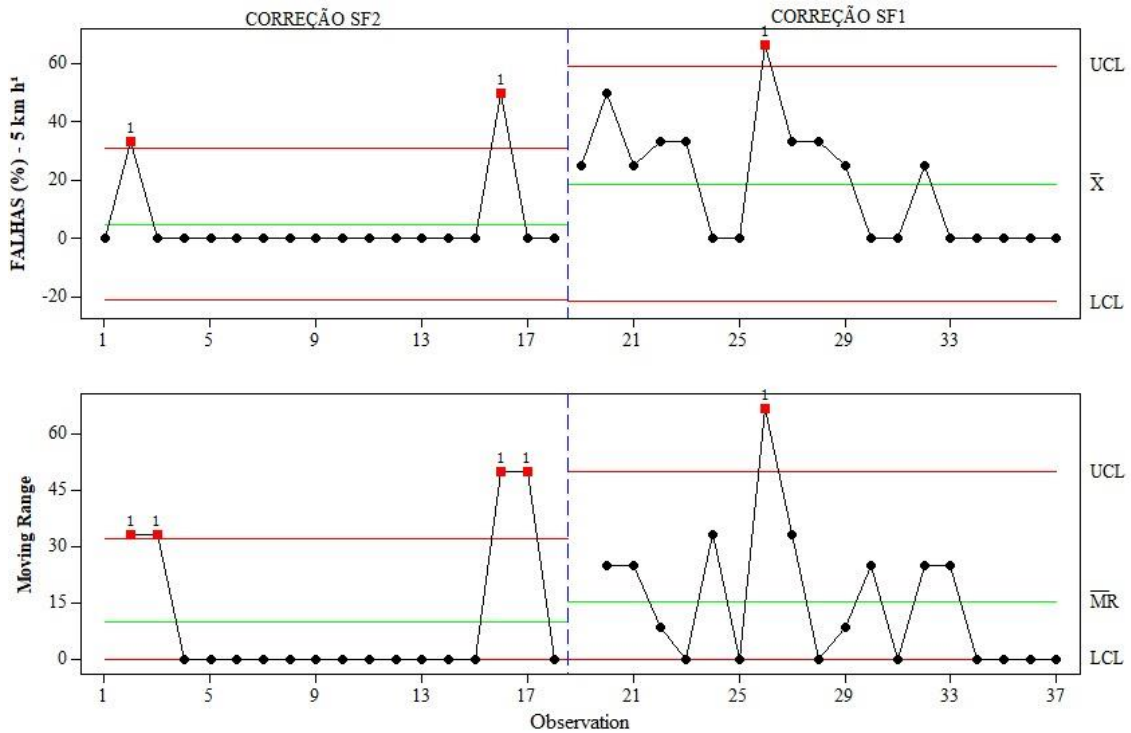


Figura 15. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas na velocidade de 5 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

Em relação ao indicador de qualidade de sementes falhas em função da velocidade de 6 km.h⁻¹ (figura 16), constata-se que a correção SF1, apesar de obter mais pontos fora de controle de acordo com o gráfico de amplitude, possui menor variabilidade em relação ao SF2 que apresentou maiores porcentagens de sementes falhas, apresentando-se com amplitude maior em relação ao SF1. No entanto, apesar desta diferença de porcentagem, observa-se que ambos os sinais apresentaram pontos aleatórios com instabilidade.

Um processo instável pode estar relacionado com os erros dos sinais de GNSS ou erros no processo em si, estes juntos correspondem aos erros provocados por causas especiais denominados fatores 6M's (Mão de obra, Máquina, Matéria-prima, Método, Medição e Meio ambiente). Podem esta relacionados também a erros aleatórios que são aqueles que fazem parte do processo e não convém a sua eliminação, ou seja, eles não causam danos à qualidade do processo (SANTOS, 2016).

Contudo, para este indicador, recomenda-se o sinal SF1, tendo em vista que esta operação de semeadura apresentou uma menor porcentagem de pontos apresentando sementes falhas. A distribuição de sementes falhas pode resultar em redução do rendimento produtivo e possíveis prejuízos financeiros, tendo em vista que esse fator

proporciona um aumento de competição intraespecífica e/ou da mato-competição, especialmente na fase inicial da cultura (BOTTEGA et al., 2014).

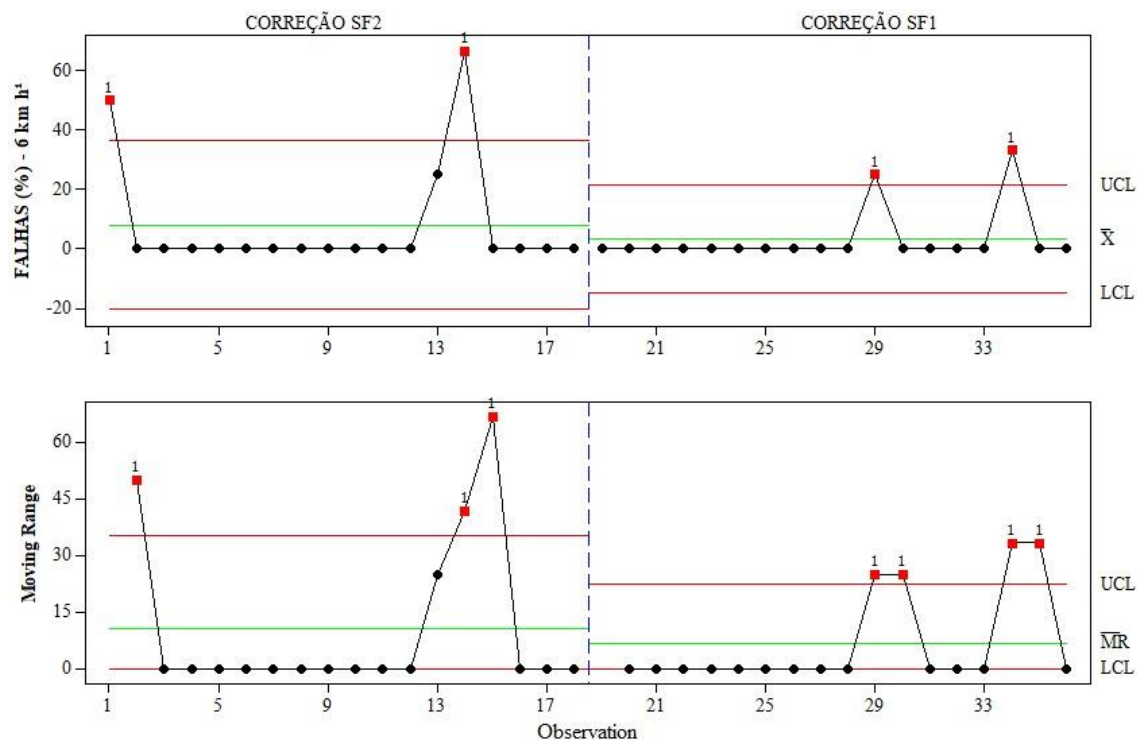


Figura 16. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas na velocidade de 6 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

A distribuição longitudinal de sementes falhas na velocidade de 8 km.h⁻¹ (figura 17), apresentou maior instabilidade no gráfico de amplitude móvel para a correção SF2 em comparação ao SF1, ou seja, mais pontos fora de controle. No entanto, o SF1 mostrou-se com maior variabilidade, pois obteve amplitude maior e com uma maior porcentagem de sementes falhas em relação ao SF2, que apresentou melhor qualidade na operação de semeadura.

No tocante a velocidade ideal para distribuição longitudinal de sementes falhas, observou-se que as velocidades 5 e 6 km.h⁻¹ apresentaram maiores variabilidades em relação a velocidade 8 km.h⁻¹ para o SF2 enquanto que para o SF1 a melhor velocidade foi de 6 km h⁻¹, o que difere de autores como Garcia et al. (2016) que avaliaram a influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho, testando as velocidades de 3, 5, 7 e 9 km.h⁻¹, e observaram que houve aumento na porcentagem de espaçamentos falhos e duplos e queda de espaçamentos aceitáveis ao elevar a velocidade de deslocamento da semeadora-adubadora.

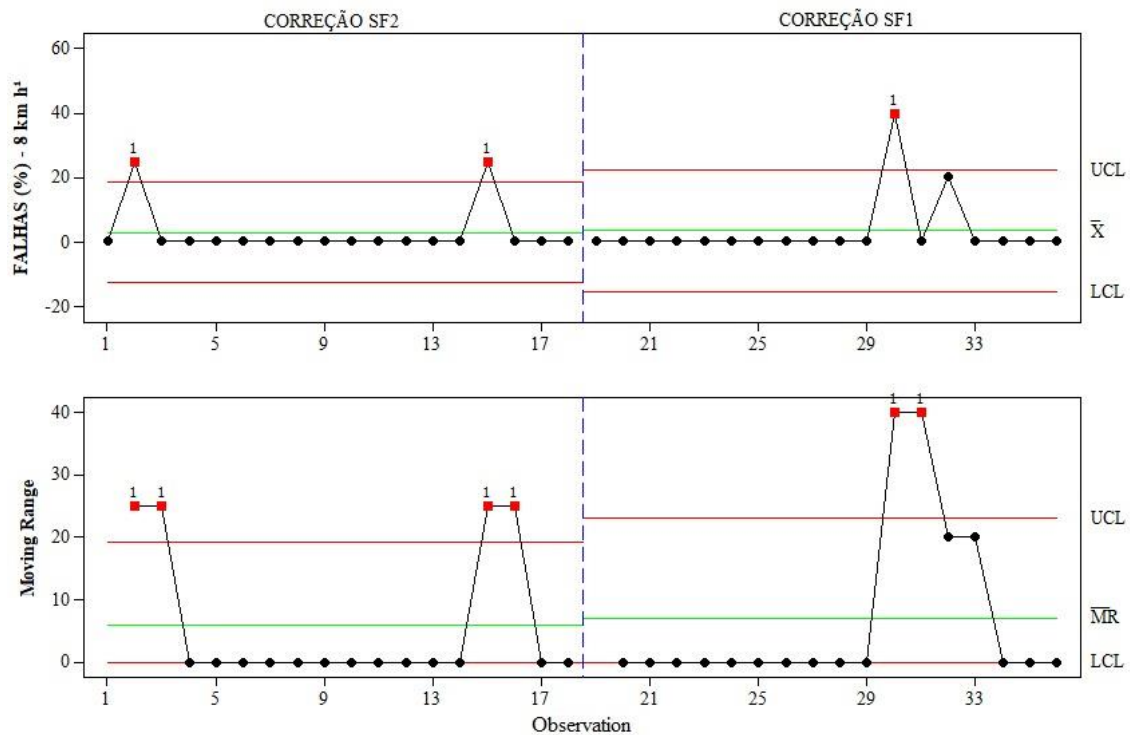


Figura 17. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes falhas na velocidade de 8 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

Para distribuição longitudinal de sementes na velocidade de 5km.h⁻¹ (figura 18), observa-se que os dois processos apresentaram condições instáveis, por terem pontos fora do controle estatístico, no entanto, observa-se que o SF1 obteve pontos distantes da porcentagem ideal (100% de sementes aceitáveis), caracterizando-o com maior variabilidade em relação ao SF2. A uniformidade de distribuição longitudinal para o espaçamento aceitável entre sementes, foi apontado entre os que mais contribuem para um estande adequado de plantas de milho e para a melhoria do seu rendimento (KURACHI et al., 1989). Com isso, recomenda-se o sinal SF2 para este indicador de qualidade, tendo em vista que apresentou uma maior quantidade de pontos próximos a porcentagem ideal.

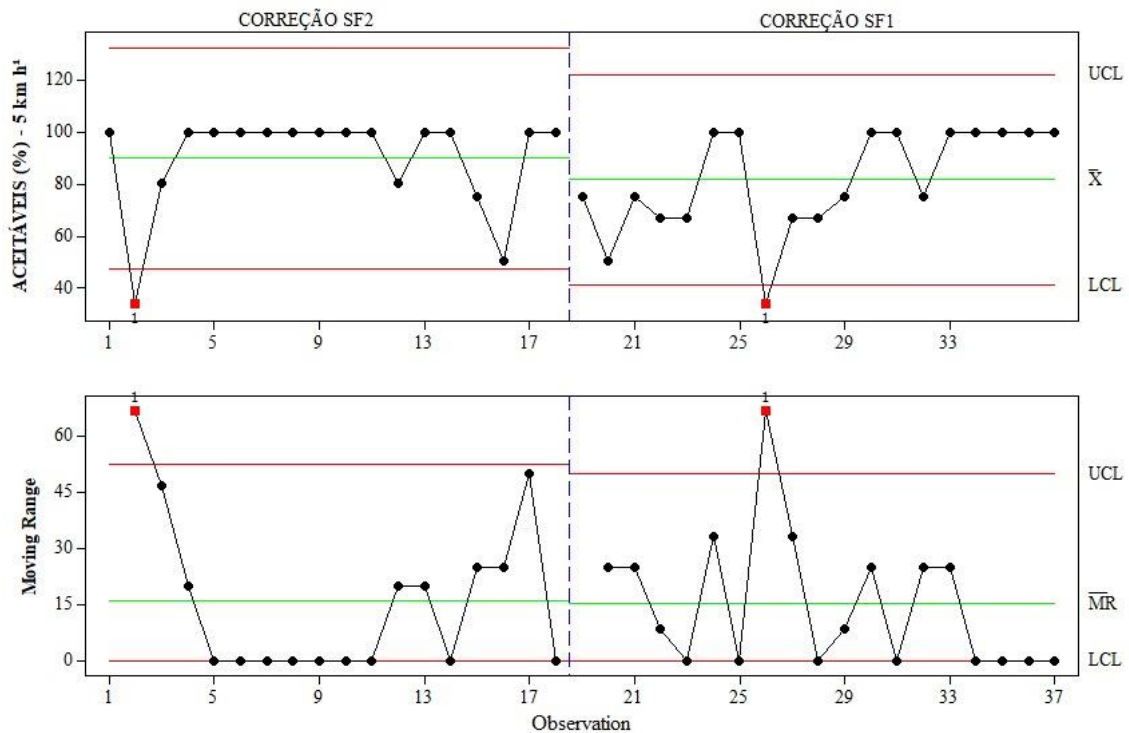


Figura 18. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis na velocidade de 5 km/h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

Nota-se que para esta situação (figura 19), a operação com o SF1 se manteve estável, pois não apresentou pontos fora do limite de controle, já o sinal SF2 apresentou instabilidade, tendo em vista que obteve pontos fora dos limites, contudo, o sinal de maior erro (SF1) apresentou maior variabilidade, pois constatou-se para esta operação, uma maior quantidade de pontos dispersos da média. Em relação à porcentagem de sementes com espaçamento aceitáveis, Arcoverde et al., (2016) encontrou resultados semelhantes, onde também avaliou os indicadores de qualidade no processo de semeadura do milho com o uso das cartas de controle e o indicador espaçamento normal apresentou um ponto fora do limite de controle superior, com ocorrência de causas extrínsecas ao processo. Neste caso, a instabilidade do processo foi atribuída aos fatores máquina, mão de obra e ambiente.

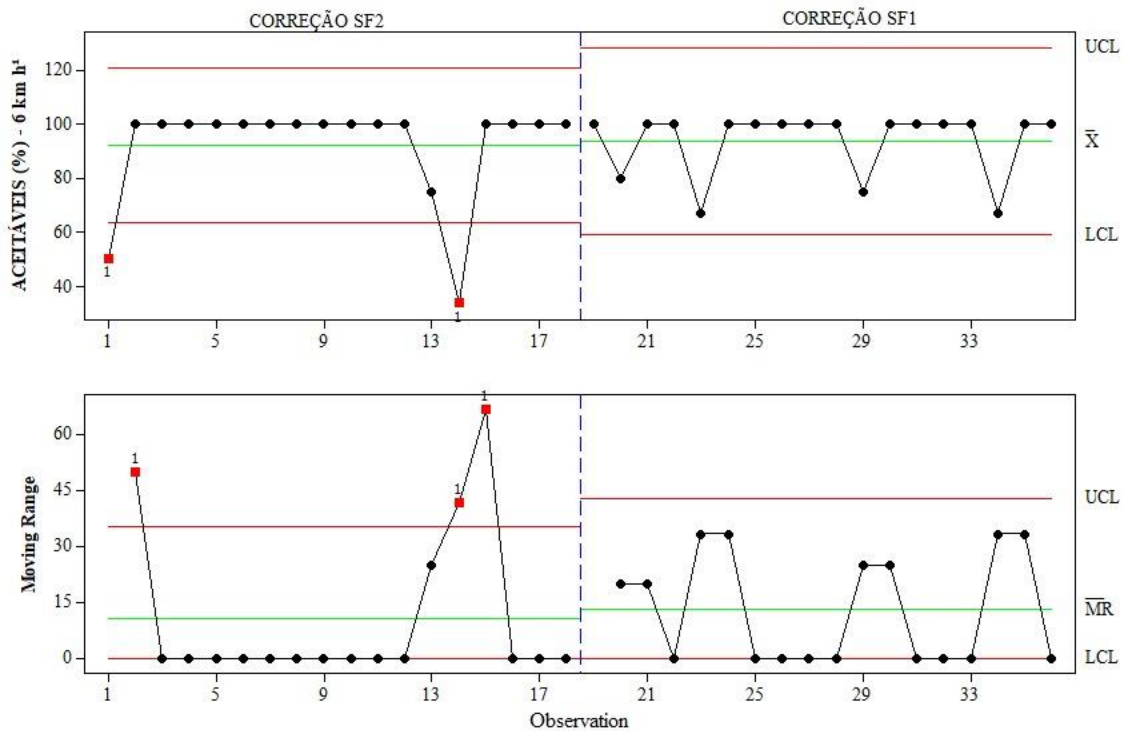


Figura 19. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis na velocidade de 6 km.h⁻¹ (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

Para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis na velocidade de 8km.h⁻¹ (figura 20), observa-se que a carta de controle para ambos os sinais apresentaram pontos fora do controle estatístico, onde de acordo com o gráfico de amplitude móvel, o SF2 obteve quatro pontos instáveis e o SF1 dois, no entanto, em relação a pontos próximos a porcentagem ideal, nota-se que o SF2 se manteve mais próximo, e com uma leitura dos pontos mais constante, já o SF1 apresentou pontos mais dispersos e com maiores amplitudes, representando uma maior variabilidade, o que caracteriza o processo com baixa qualidade. Com isso, caracteriza o SF2 como mais recomendável em relação a qualidade para esta condição de semeadura.

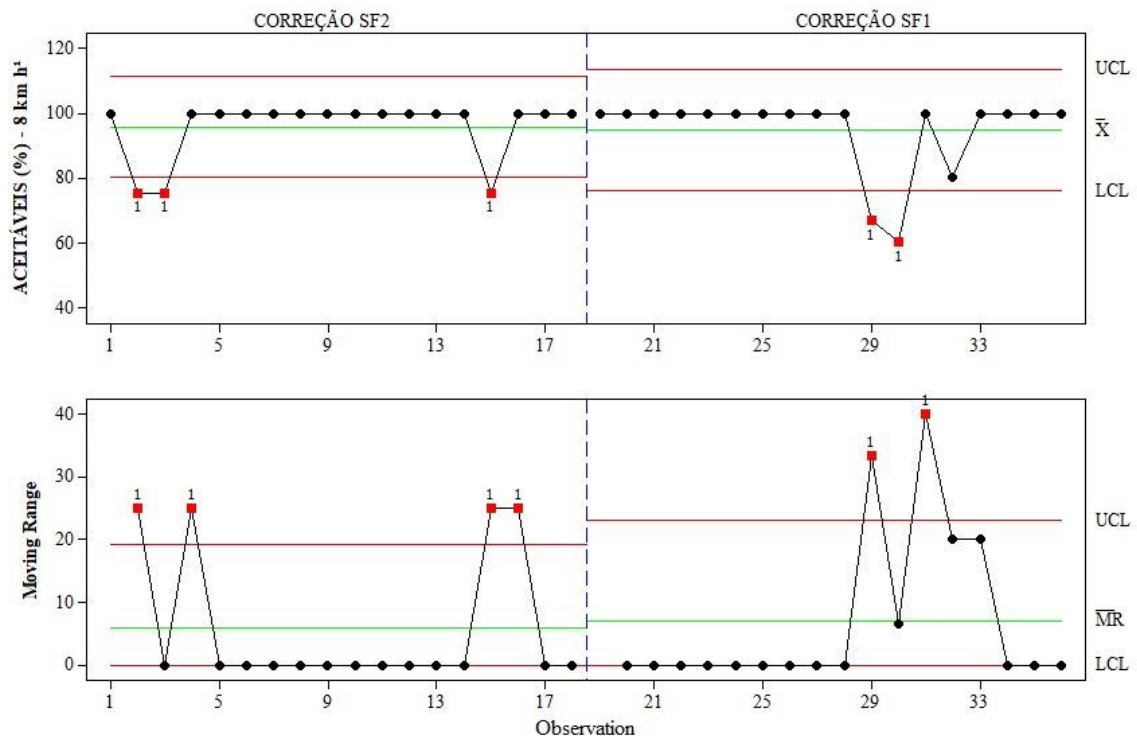


Figura 20. Cartas de controle para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis na velocidade de 8 km.h^{-1} (UCL – limite superior de controle; LCL – limite inferior de controle; e \bar{X} – média).

Em relação a velocidade ideal para este indicador de qualidade, nota-se que a velocidade de 8 km.h^{-1} , se sobressaiu em comparação com as demais, tendo em vista que em ambos os sinais de correção, a mesma apresentou uma baixa variabilidade. Nesse sentido, o aumento da velocidade não influenciou na distribuição longitudinal de sementes aceitáveis, divergindo de autores como Bortoli et al. (2021), onde observaram que as velocidades de deslocamento mais altas favoreceram a redução no número de espaçamentos aceitáveis, conseqüentemente, afetando a produtividade. Em contrapartida, Trogello et al. (2013) avaliando o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho submetido a diferentes métodos de manejo de palhada, mecanismos sulcadores e velocidades de operação, verificou-se que os maiores valores de espaçamentos falhos e duplos ocorreram na maior velocidade, entretanto não observou diferenças significativas para a produtividade média da cultura de milho.

6. CONCLUSÕES

O sinal de correção SF2 apresenta melhor qualidade no processo de paralelismo, representando baixa variabilidade em relação ao sinal SF1.

A qualidade da profundidade das sementes mostrou-se superior com a utilização do sinal SF2, em todas as velocidades. A velocidade 6km.h^{-1} apresentou menor variabilidade, representando maior qualidade na operação em comparação as demais.

O aumento da velocidade proporcionou maior número de espaçamentos duplos no sinal SF2, este que mostrou-se com menor variabilidade e maior porcentagem ideal de sementes duplas (0%) em todas as velocidades em relação ao SF1. No entanto, para o sinal SF1, a maior velocidade apresentou menor variabilidade.

A distribuição longitudinal de sementes falhas apresentou melhor qualidade com a utilização do sinal SF2 na velocidade 8 km.h^{-1} , onde obteve menor variabilidade em relação ao sinal SF1 e as demais velocidades respectivamente. A melhor velocidade para o sinal SF1 foi a de 6 km.h^{-1} onde nessa velocidade mostrou-se com menor variabilidade em relação ao SF2.

Em todas as velocidades o sinal SF2 apresentou-se com menor variabilidade em relação ao SF1, para distribuição longitudinal de sementes aceitáveis, caracterizando-o com melhor qualidade. A velocidade 8 km.h^{-1} mostrou-se com qualidade superior em comparação as demais, onde em ambos os sinais de correção, apresentou com maior porcentagem de sementes aceitáveis.

Diante disto, recomenda-se com melhor qualidade para a operação de semeadura o sinal de correção SF2, pois mostrou-se superior ao SF1 em todos os indicadores de qualidade. E a velocidade 8km.h^{-1} , pois apresentou melhor eficiência em todos os indicadores de distribuição longitudinal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSELMÍ, A. A.; BREDEMEIER C.; MOLIN J. P.; CORTE V. F. D.; KOLLING D. F. O uso de piloto automático no Rio Grande do Sul. Congresso Brasileiro de APConBAP 2012. Disponível em: http://www.agriculturadeprecisao.org.br/upimg/publicacoes/pub_ouso-de-piloto-automatgico-no-rio-grande-do-sul--anselmi-aa-bredemeier-c--molinjp-corte-vfdkolling-df--conbap-2012-29-09-2015.pdf. Acesso em: 10 de Dezembro de 2021.
- ARANTES, G. C. **Mapeamento do estande e distribuição longitudinal de plantas de milho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, p. 28. 2020.
- ARCOVERDE S.N.S.; SOUZA C.M.A.; CORTEZ J.W.; GUAZINA R.A.; MACIAK P.A.G. Qualidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. **Revista Engenharia na agricultura** 24: 383-392. 2016.
- ARCOVERDE, S. N. S. et al. Qualidade e variabilidade espacial na semeadura do milho de segunda safra. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 4, p. 386, 2017.
- 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.
- BAIO, F. H. R.; MORATELLI, R. F. Avaliação da acurácia no direcionamento com piloto automático e contraste da capacidade de campo operacional no plantio mecanizado da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola [online]**. v. 31, n. 2. Acesso em 15 de dezembro de 2021, pp. 367-375. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000200017>.
- BERTELLI, G. A.; JADOSKI, S. O.; DA LUZ DOLATO, M.; RAMPIM, L.; MAGGI, M. F. Desempenho da plantabilidade de semeadoras pneumática na implantação da cultura da soja no cerrado piauiense-Brasil. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, 2016
- BETTIO, C. S.; GANASCINI D.; WUNSCH, C. A.; RENOSTO, L. D.; GURGACZ, F. **Avaliação do uso de piloto automático com sinal RTX em operação de semeadura em linha reta**. In: CONTECC - Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia 73ª SOEA, Foz do Iguaçu: Confea, 2016.
- BETTIO, C. S.; GANASCINI D.; WUNSCH, C. A.; RENOSTO, L. D.; GURGACZ, F. **Uso de piloto automático com sinal RTX na semeadura de trigo em curva aberta e fechada**. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, v. 1, p. 1-16, 2016.
- BRITO FILHO, A. L. **Qualidade operacional do recolhimento mecanizado do amendoim em três sistemas de preparo de solo**. Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp). Jaboticabal, p. 77. 2021.
- CARVALHO, V. F.; SOUZA, L.C.D.; **Retorno de investimento na agricultura de precisão com o uso de direcionadores automáticos**. TCC (Tecnólogo em Agronegócio) - Faculdade De Ciências Sociais De Guarantã Do Norte (FCSGN), Guarantã do Norte, p. 9. 2019.
- CHAGAS, D. R.; FREIRE, D. S.; LEMOS, O. L. VIABILIDADE ECONÔMICA DOS SINAIS SF1, SF2, RTX E RTK NAS OPERAÇÕES AGRÍCOLAS COM GRADE ARADORA. In: **Semana de Agronomia da UESB (SEAGRUS)-ISSN 2526-8406**, v. 2,

n. 1, 2020.

CRUZ, J.C.; MAGALHÃES, P.C.; PEREIRA FILHO I.A.; MOREIRA J.A.A. **Coleção 500 perguntas, 500 respostas sobre milho**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 333 2011.

DAGIOS, R. F. **Avaliação da sobreposição na semeadura do milho (*Zea mays*) utilizando uma semeadora de precisão**. Dissertação (Mestrado Agricultura de Precisão) – Colégio Politécnico, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, p. 74. 2018.

DANTAS, J. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; RESENDE, J. M. do A.; CAMARGO, L. A.; BARBOSA, R. S. Gênese de solos coesos do Leste Maranhense: relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1039-1050, 2014.

FARIAS, H. P. S. **Educação, sociedade e meio ambiente: práticas, políticas e inovação**. Rio de Janeiro - RJ: Epitaya, p. 239. 2021. Acesso em: Dezembro de 2021. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/225/240>.

FARIAS, M.S.; BARON, F. A.; GERLACH, L. F. R.; FORNARI, E. Z.; SANTI, L.S. Qualidade da semeadura de milho no planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 2, p.285-288. 2021. Acesso em: Dezembro de 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v25i2.15971>.

FONSECA, A. Z. Efeito da Velocidade de Semeadura e Dose de Lubrificante Sólido no estabelecimento da Cultura do Milho. Dissertação (Mestrado em Agronomia), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, p.53. 2021.

GARCIA, L. C. et al. Manobras de semeadura com sistema de navegação. **Engenharia Agrícola [online]**. v. 36, n. 2, pp. 361-366. 2016. Acesso em: 10 de dezembro de 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p361-366/2016>>.

GARCIA, L.C. et al. Influência da velocidade de deslocamento na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal. v. 26, n. 2, p. 520-527, maio/agosto. 2006.

GIROTI, J. F. **Profundidade de deposição de sementes na semeadura mecanizada da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista (Unesp). Botucatu, p. 55. 2017.

GOEHL, C. M. **Semeadura de precisão e utilização de tráfego controlado em máquinas agrícolas: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria – RS, p.58. 2015.

GONÇALVES, B. C.; OLIVEIRA, C. M.; DOS ANJOS, D. C. A.; LIMA, A. N. R.; da Cunha SIQUEIRA, W.; SANTOS, A. F. S.; ABRAHÃO, S. A. Desempenho de uma semeadora-adubadora na uniformidade do plantio de milho em diferentes velocidades. **1º simpósio mato-grossense de mecanização agrícola e agricultura de precisão** – simap-ufmt, Sinop, p.3, 2018. Disponível em: http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Colheita_armazename ntoartigo2.pdf Acesso em: 14 de dezembro de 2021.

JOHN DEERE. Receptores, monitores e RTK, 2021, Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/agricultura-de-precis%C3%A3o/receptores-monitores-e-rtk/>>. Acesso em 31 de fev. de 2022.

KNIERIM, L. F. **Diagnóstico da semeadura mecanizada de soja na fronteira oeste do**

Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IF Farroupilha) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA). Alegrete, p.51. 2018.

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.

LOPES M.B.; MILAN M.; COELHO J.L.D.; Qualidade em operações agrícolas mecanizadas na cultura da cana-de-açúcar. **Stab: Açúcar, Alcól e Subprodutos**, 13:26-30. 1995.

MARANHÃO – GOVERNO DO ESTADO DO MARANHÃO. **Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico** – GEPLAN. Atlas do Maranhão. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 39p. 2002.

MILAN, M.; FERNANDES, T. R. A. Qualidade das operações de preparo de solo por controle estatístico de processo. **Scientia Agricola [online]**. v. 59, n. 2. pp. 261-266. 2002. Acesso em: 10 de Dezembro de 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000200009>.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: números do mercado brasileiro**. Boletim Técnico: 03. Laboratório de Agricultura de Precisão, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2017.

MOLIN, J. P.; ANSELMINI, A. A. **Agricultura de precisão considera variabilidade das áreas de cultivo**. Visão Agrícola. ed. 13. 2015.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**, 2ª ed. São Paulo: Editora UNESP. p.754. 2008.

MONTGOMERY D. C. Introdução ao controle estatístico de qualidade. 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 549p. 2016.

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

MOTA, B. L. **Sistema mecanizado para coleta de dados de perdas e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso. Sinop. p.40. 2016.

OLIVEIRA, M. L.; VIEIRA, L. B.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, C. M.; DIAS, G. P. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. V. 35. N. 7. P.1455-1463, julho de 2000.

OLIVEIRA, T. C. A. **Estudos sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, p.67. 2009.

OLIVEIRA, T. C. A. MOLIN, J. P. Uso de piloto automático na implantação de pomares de citros. **Engenharia Agrícola [online]**. v. 31, n. 2. pp. 334-342. 2011. Acesso em: 1 de Dezembro de 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000200013>.

OLIVEIRA, W. P. **Influência do sistema dosador de sementes e velocidades operacionais na semeadura do milho**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Agronomia) – Instituto Federal Goiano. Urutaí, p. 18. 2021.

PAGNAN, D. T. **Sistemas de correção diferencial no piloto automático e qualidade da semente pneumática e mecânica.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, p.30. 2018.

PALUDO, V. **Influência de sistemas dosadores e velocidade de deslocamento de semeadoras-adubadoras na qualidade de sementes de soja.** Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp. Botucatu, p.94. 2019.

PEREIRA, G.; BAZAME, H.C.; MAGALHÃES, L. P.; WESTPHALEN, M. F.; MOLIN, J. P. Erro transversal de percurso em ensaio cinemático de receptores GNSS. In: **Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária** – 2019.

PEREZ-RUIZ, M.; UPADHYAYA, S. K. GNSS in Precision Agricultural Operations In: ELBAHHAR, F. B. E RIVENQ, A. **New Approach of Indoor and Outdoor Localization Systems**, InTech, Chapters published October 10, 2012, p.1-24

RAMOS, N. P. et al. Sementeira do híbrido Lyra de mamona (*Ricinus communis* L.) Sob plantio direto. **Ciências agrotec.** Lavras. v. 32. n. 2. p. 481-486, março/abril, 2008.

REYNALDO, É. 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. janeiro / fevereiro, 2016.

SANTOS, A. F. dos; SILVA, R. P. da; TAVARES, T. O.; ORMOND, A. T. S.; ROSALEN, D. L.; ASSIS, L. C. de. Parallelism error in peanut sowing operation with auto-steer guidance. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.731-736, 2017. Acesso em: 28 de janeiro de 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n10p731-736>.

SANTOS, A. F. et al. Parallelism error in peanut sowing operation with auto-steer guidance. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.21, n.10, p.731-736, 2017.

SANTOS, A. F. **Qualidade das operações agrícolas mecanizadas na cultura do amendoim com uso do direcionamento automático.** Dissertação (Mestrado Produção vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp). Jaboticabal, p. 72. 2016

SANTOS, R. H. G. **Gnss aplicado ao licenciamento ambiental de empreendimento aquícola.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, p. 66. 2017.

SILVA R.P.; SOUZA F.G.; CORTEZ J.W.; FURLANI C.E.A.; VIGNA G.P. Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. **Revista Engenharia Agrícola** 27:742-752. 2007.

SILVA R.P.; VOLTARELLI M.A. Controle de qualidade em operações agrícolas. In: SILVA R.P.; VOLTARELLI M.A.; CASSIA M.T. (Eds). Controle de qualidade em operações agrícolas mecanizadas. Jaboticabal: SBEA, p. 19-28. 2015.

SILVA, M. A. F. **Qualidade da operação na cultura da cana de açúcar utilizando cartas de controle.** Dissertação (Mestrado Ciência do Solo) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp). Jaboticabal, p. 31. 2015.

SILVA, R. P. da et al. Controle estatístico aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola [online]*. v. 28, n. 2, pp. 292-304. 2008, Acesso em: 15 de Dezembro de 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000200010>.

SOARES, J. G. M. **Variabilidade espacial e qualidade da sementeira da cultura do milho**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciência Agrárias, Universidade Federal da Grande Guarulhos (UFGD). Dourados, p. 28. 2016.

TEIXEIRA, H. R. S. et al. Efeito da profundidade de adubação e sementeira na cultura do milho. *Cultura Agrônômica*, Ilha Solteira, v.27, n.1, p.91-100, 2018.

TOURINO, M. C. C. et al. Semeadoras-adubadoras em sementeira convencional de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.1, p.241-245, janeiro -fevereiro, 2009.

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

TROGELLO, E.; MODOLO, A.J.; SCARSI, M.; SILVA, C.L.; ADAMI, P.F.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de sementeira e produtividade de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.17, n.7, p.796-802, 2013.

VIERO, R. M.; RODRIGUES, E. F.; RAMOS, L. S.; NASCIMENTO, P. H.; CORTEZ, J. W. **Distribuição de sementes de milho (zea mays) em função da velocidade de sementeira**. In: XII Seminário Nacional de Milho Safrinha. Dourados - MS, 2013.

WEIRICH NETO, P. H. et al. Qualidade na sementeira do milho. *Engenharia Agrícola [online]*. v. 35, n. 1. pp. 171-179. 2015. Acesso em: 12 de Dezembro de 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n1p171-179/2015>.

ZERBATO, C., CAVICHIOLI, F. A., RAVELI, M. B., MARRAFON, M., DA SILVA, R. P. Controle estatístico de processo aplicado à colheita mecanizada de milho. *Revista Engenharia Na Agricultura - REVENG*, v. 21, n. 3, p. 261–270, 2013. DOI: 10.13083/reveng.v21i3.401. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/360>. Acesso em: 10 de dezembro de 2021.