

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

RAFAEL CARDOSO REIS

**QUALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES POR
SEMADORA DE PRECISÃO**

SÃO LUÍS-MA

2025

RAFAEL CARDOSO REIS

**QUALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES POR
SEMADORA DE PRECISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônômica Bacharelado do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Francisco Ronaldo Belém Fernandes.

SÃO LUÍS- MA

2025

Reis, Rafael Cardoso

Qualidade na distribuição longitudinal de sementes por semeadora de precisão. / Rafael Cardoso Reis. – São Luis, MA, 2025.

41 f

TCC (Graduação em Agronomia Bacharelado) - Universidade Estadual do Maranhão, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Ronaldo Belém Fernandes

1.Distribuição longitudinal. 2.Semeadora de precisão. 3.Milho. 4.Velocidade de deslocamento. 5.Patinagem. I.Título.

CDU:631.331.5

RAFAEL CARDOSO REIS

**QUALIDADE NA DISTRIBUIÇÃO LONGITUDINAL DE SEMENTES POR
SEMADORA DE PRECISÃO**

Monografia apresentada junto ao curso de
Agronomia da Universidade Estadual do
Maranhão – UEMA, para obtenção de grau de
Bacharel em Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 10/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **FRANCISCO RONALDO BELEM FERNANDES**
Data: 21/07/2025 08:16:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

PROF. DR. Francisco Ronaldo Belém Fernandes

Doutor em Engenharia Agrícola
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 **JOSIANE ISABELA DA SILVA RODRIGUES**
Data: 21/07/2025 09:17:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Josiane Isabela da Silva Rodrigues

Doutora em Genética e Melhoramento
Universidade Estadual do Maranhão

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS NABATE MENDES FERREIRA**
Data: 19/07/2025 09:01:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Marcos Nabate Mendes Ferreira

Mestrando em Agricultura de Precisão
FCA/ Universidade Estadual de São Paulo

Agradecimento

A Deus, pela vida, pelas oportunidades que tem aberto para mim, pelas forças nos momentos difíceis e pelas dificuldades que sei que serviram para meu crescimento.

A minha Vó Cacilda, por todo apoio que me sempre me deu, agradeço também ao meu avô Manoel pelos bons momentos.

A minha mãe Adriana por me fazer entrar no curso que eu tanto queria, me deu apoio em momentos difíceis e comemorou comigo nos bons momentos.

A minha namorada Mirela por estar comigo nos bons e nos maus momentos dessa caminhada, pelos conselhos e incentivos.

Aos meus amigos Rebeca Anchieta, Mayanna Marques, Liz Vitória e Luís Fernando pelos bons momentos durante esses anos na UEMA.

Ao meu amigo Gabriel Behenck pelas dificuldades em cadeiras difíceis que passamos juntos e pelos bons momentos.

Aos meus amigos Matheus Henrique, Daniel Farias pelas piadas, e almoços todos os dias.

Ao meu orientador Francisco Ronaldo pela oportunidade de me ajudar na minha orientação para esse TCC.

Agradeço aos meus tios que se dispuseram a me ajudar em alguns momentos, seja ajuda financeira, um almoço ou com ajuda emocional.

Agradeço também a todos aqueles que se dispuseram a me ajudar durante esses anos no curso, fui muito feliz por tudo que passei durante todo esse período.

RESUMO

A semeadura é uma operação agrícola essencial para o estabelecimento adequado das culturas, influenciando diretamente o estande de plantas e a produtividade. Este trabalho avaliou a distribuição longitudinal de sementes de milho por uma semeadora de precisão mecânica operando em duas velocidades (4 km.h^{-1} e 7 km.h^{-1}), também considerando os índices de patinagem da semeadora e do trator. O experimento foi conduzido na Fazenda Escola da Universidade Estadual do Maranhão. Foram avaliados parâmetros como espaçamento entre sementes, profundidade de deposição, espaçamento entre plantas e patinagem. Os resultados demonstraram que a menor velocidade proporcionou melhor uniformidade na deposição das sementes, menor ocorrência de falhas e duplos, e menor índice de patinagem. A patinagem da semeadora variou de 11% a 14%, e a do trator manteve-se em 10%. A velocidade de operação influenciou significativamente a qualidade da semeadura, sendo recomendada a operação em menor velocidade para melhor desempenho. O controle da patinagem e a correta regulagem dos equipamentos são essenciais para o sucesso da semeadura e aumento da eficiência operacional.

Palavras-chave: distribuição longitudinal; semeadora de precisão; milho; velocidade de deslocamento; patinagem.

ABSTRACT

Sowing is an essential agricultural operation for the proper establishment of crops, directly influencing plant stand and productivity. This study evaluated the longitudinal distribution of corn seeds using a mechanical precision planter operating at two speeds (4 km.h⁻¹ and 7 km.h⁻¹), also considering the slip indices of the planter and the tractor. The experiment was conducted at the Experimental Farm of the State University of Maranhão. Parameters such as seed spacing, seeding depth, plant spacing, and slippage were evaluated. The results showed that the lower speed provided better uniformity in seed placement, fewer skips and doubles, and a lower slip index. The planter slip ranged from 11% to 14%, while the tractor slip remained at 10%. Operating speed significantly influenced the quality of sowing, with lower speeds recommended for better performance. Slip control and proper equipment adjustment are essential for successful sowing and increased operational efficiency.

Keywords: longitudinal distribution. precision planter. corn. travel speed. slippage.

Sumário

1.INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Semeadoras	11
3.2. Semeadora de Precisão	12
3.3 Milho (<i>Zea mays L.</i>)	13
3.4 Qualidade da semente	14
3.5 Qualidade na Distribuição de sementes do milho	15
3.6 Patinagem do Trator	16
4. Material e Métodos	17
4.1 MATERIAL	17
4.1.1 Local de Estudo	17
4.1.2 Trator Agrícola	18
4.1.3 Semeadora de precisão	18
4.2 METODOS	19
4.2.1 Velocidade de deslocamento	19
4.2.2 Distribuição das sementes da semeadora de precisão	19
4.2.3 Avaliação dos espaçamentos entre sementes para a semeadora de precisão	21
4.2.4 Patinagem das semeadoras	22
4.2.5 Patinagem do trator	22
4.2.6 Espaçamento entre plantas	23
4.2.7 Metodologia estatística	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1 Profundidade	24
5.2 Espaçamento entre sementes	26

5.3 Espaçamento entre plantas	28
5.4 Patinagem da semeadora	30
5.5 Patinagem do trator	31
CONCLUSÃO	32
REFERENCIAS	32

1.INTRODUÇÃO

O ciclo de formação de uma cultura tem início quando a semente é disposta no solo, seguida pela germinação e emergência das plântulas. A qualidade da distribuição longitudinal de sementes realizada por semeadoras de precisão, é fundamental para garantir uma população uniforme de plantas, melhorando o desenvolvimento inicial da cultura e maximizando o potencial produtivo (Melo,2013). Diferentes fatores podem afetar essa qualidade, tais como o tipo de mecanismo dosador (mecânico ou pneumático), a velocidade de deslocamento da máquina, as condições do solo e a regulação dos equipamentos (Souza *et al.*, 2013). Portanto, a uniformidade do espaçamento, influenciada tanto por características das sementes quanto por parâmetros operacionais da semeadora, é essencial para a obtenção de estande regulares e altas produtividades (Oliveira *et al.*, 2019).

Diante desse contexto, o uso de semeadoras de precisão, quando devidamente reguladas, pode garantir essa uniformidade, contribuindo não apenas para o aumento da produtividade, mas também para a redução dos custos operacionais (Melo, 2013). E para obter precisão no campo durante o processo de semeadura, Melo 2013 diz que é necessário um bom sistema de distribuição com características de um ótimo controle do espaçamento entre sementes dentro de fileiras para semeadoras de precisão e profundidade de semeadora adequada.

Segundo a ABNT (1996, apud Sattler, 2000), a semeadora de precisão é uma máquina agrícola que enterra as sementes em sulcos, uma a uma ou em grupos, a distâncias regulares, para a densidade de semeadura pré estabelecida. Para Mialhe (2012), as semeadoras de precisão mais utilizadas no Brasil, são as que possuem sistemas dosadores com discos alveolados horizontais, e com dosadores pneumáticos de sucção.

Segundo Ferreira (2019) a Agricultura de Precisão é uma área em constante evolução e que busca aprimorar as operações agrícolas por meio do uso de tecnologias e métodos que permitam maior eficiência, sustentabilidade e produtividade nas lavouras. A distribuição longitudinal de sementes se configura como uma etapa crítica do processo produtivo, pois impacta diretamente no rendimento das culturas e na rentabilidade do sistema agrícola, sendo essencial para a competitividade do setor (Oliveira *et al.*,2019). Diante disso, Belle *et al.* (2018) afirmam que existe uma necessidade de se encontrarem novas alternativas que sejam capazes de buscar cada vez

mais patamares que auxiliam na maior exatidão de fatores relacionados ao estabelecimento da cultura do milho.

A crescente importância da agricultura de precisão no Brasil, é impulsionada pelo aumento da demanda por alimentos e pela necessidade de otimizar o uso de insumos agrícolas (Anzileiro, 2021). Além disso, observa-se que muitos agricultores ainda enfrentam desafios para alcançar uma distribuição uniforme de sementes, especialmente em condições operacionais desafiadoras, o que pode comprometer o potencial produtivo das lavouras (Melo, 2013).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho na distribuição longitudinal de sementes do milho (*Zea mays*) para a semeadora de precisão (mecânica).

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Avaliar o desempenho da semeadora de precisão (mecânica) nas condições edafoclimáticas de São Luís, Maranhão.

Avaliar o desempenho das semeadoras de precisão (mecânica) trabalhando nas velocidades teóricas de 4 e 7 km.h⁻¹ e sua relação com a profundidade de deposição de sementes.

Avaliar o índice de patinagem da semeadora e sua influência na distribuição de semente.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Semeadoras

Uma das primeiras operações agrícola mecanizada dentro do contexto de modernização da agricultura em todos os países do mundo e em todas as épocas da agricultura foi à semeadura (Portela, 1997).

A utilização de máquinas e equipamentos tem como finalidade melhorar a capacidade operacional, facilitar o trabalho do homem, melhorando assim a eficiência produtiva (Mattar, 2010). Neste enfoque, as semeadoras são importantes no processo produtivo, pois a operação de semeadura está diretamente relacionada ao estabelecimento inicial das culturas (Copetti, 2004).

Na prática existe dois tipos de semeadora quanto ao tipo de distribuição de sementes: as de precisão e as de fluxo contínuo. As semeadoras de precisão

caracterizam-se por distribuir sementes espaçadas a distâncias supostamente homogêneas no sulco de semeadura. As semeadoras de fluxo contínuo distribuem grandes quantidades de sementes no sulco de semeadura, com que a distância entre elas seja pequena e sem precisão (Casão Junior *et al.*, 2006).

Portela *et al.* (1993) afirmam que a operação de adubação ou semeadura é muito importante para o estabelecimento das culturas, principalmente para o sistema conservacionista, pois as condições do solo e de cobertura geralmente são menos favoráveis a deposição de sementes quando comparadas com o sistema convencional.

Para Santos *et al.* (2011) o conhecimento do comportamento espacial da distribuição longitudinal de sementes no campo é importante para o refinamento das práticas de manejo e regulagens das semeadoras, como a definição da intensidade de amostragem para avaliação da semeadora, possibilitando reduzir o erro-padrão da média, diminuindo a necessidade de mão de obra do trabalho.

As semeadoras possuem rodas compactadoras e cobridoras de sementes para melhorar o contato solo-semente. Elas atuam pressionando o solo ao lado da linha de semeadura (Souza *et al.*, 2020).

Os mecanismos rompedores de semeadoras passam a executar, além da abertura do sulco para deposição de semente, o preparo do solo localizado na linha de semeadura e a descompactação da camada superficial do solo (Drescher *et al.*, 2012).

3.2. Semeadora de Precisão

As semeadoras de precisão, popularmente denominadas de ‘plantadeiras’, caracterizam-se por distribuir sementes espaçadas a distâncias supostamente homogêneas no sulco de semeadura (Casão Junior, R, 2006).

Segundo Casão Junior (2006) no Brasil, as semeadoras de precisão utilizam principalmente dosadores e componentes em contato com o solo que impedem que trabalhem a espaçamentos inferiores a 40 cm.

Para Francetto *et al* (2015) a escolha do mecanismo dosador influencia diretamente a capacidade operacional da semeadora, sendo que os modelos de menor porte apresentam maior variação técnica em relação a capacidade de sementes e fertilizantes.

Ferreira *et al* (2019) afirma que o método de distribuição mecânico, baseado em disco horizontal, tende a ser mais turbulento, favorecendo a liberação de mais de uma semente por furo e, conseqüentemente, aumentando a ocorrência de espaçamentos múltiplos.

Vale (2007) afirma que o termo semeadora-adubadora é utilizado para aquelas máquinas que têm por função dosar e colocar no solo sementes e fertilizantes, numa mesma operação, com a possibilidade destes insumos serem depositados em profundidades adequadas e com o devido fechamento do sulco e sua compactação.

Na operação de semeadura realizada com semeadoras-adubadoras inúmeros fatores interferem no estabelecimento do estande de plantas, dentre estes, a distribuição longitudinal das sementes em função da velocidade de deslocamento pode afetar significativamente a produtividade das culturas (Santos *et al*, 2011).

Conforme Furlani *et al* (2008) o desempenho das semeadoras é influenciado por fatores como tipo de solo, profundidade de semeadura, velocidade de deslocamento e pressão dos pneus.

Souza *et al* (2020) afirma que o disco-duplo apresenta menor exigência de força e potência de tração em comparação à haste, sendo mais eficiente energeticamente em condições de solo com teor de água intermediário.

3.3 Milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays*), é uma cultura de alta relevância econômica e social para o mundo, sendo cultivado em diversos países do planeta, servindo como alimentação humana, animal e na geração de biocombustível (Embrapa, 2019). Possui metabolismo fotossintético do tipo C4 que é caracterizado pela alta eficiência no uso da radiação solar e baixa perda de água. Isso faz com que a cultura se adapte a diferentes regiões e climas, mantendo seu grande potencial produtivo (Bergamaschi *et. al*, 2004).

O milho é considerado uma cultura altamente responsiva ao manejo empregado. Muitos são os fatores que podem interferir no desempenho final da cultura, sendo o estande de plantas, um dos fatores de maior influência na produtividade. Um correto estande de plantas é alcançado através de uma boa qualidade de plantio associado ao manejo para preservação das mesmas, evitando-se a perda e o desenvolvimento (Henrichsen *et al.*, 2021).

É primordial na alimentação humana e animal, na maioria das regiões do país, é cultivado nos diversos módulos rurais, tanto nas pequenas quanto nas grandes áreas. A cultura ocupa posição importante na economia, devido ao valor da produção agropecuária, da área de produção e da quantidade produzida. (Paiva, 2011).

O período de crescimento e desenvolvimento do milho é limitado pela água, temperatura e radiação solar ou luminosidade. A cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo (Cruz *et al.*, 2010).

Na cultura do milho, não há compensação da falta de plantas por perfilhamento ou produção de floradas; sendo assim, a atividade deve receber atenção especial, de forma a assegurar uma população uniforme, com chances de alcançar o potencial produtivo e a rentabilidade (Embrapa, 2012).

A cultura do milho possui particularidades distintas na formação de sementes, sendo que na espiga as sementes formadas próximo à base possuem formato achatado e sementes formadas no ápice da espiga, possuem formato arredondado. Nas unidades de beneficiamento de sementes estas passam por classificação através de peneiras e cilindros alveolados específicos (Schmidt, 2019).

3.4 Qualidade da semente

A qualidade das sementes é o somatório dos atributos fisiológicos, genéticos, físicos e sanitários, refletindo diretamente no resultado da cultura e garantindo principalmente a uniformidade da população (Martins, *et al.*, 2022).

Os fatores que afetam a distribuição incluem a qualidade física das sementes (tamanho, formato e peso), as condições de ajuste da semeadora (pressão de vácuo, disco de plantio, velocidade de avanço) e as condições do solo (umidade, compactação) (Pereira *et al.*, 2021).

Sabe-se que a agricultura atual exige sementes com máxima eficiência, é de suma importância que sementes cultivadas a campo apresente o máximo de seu potencial fisiológico, tanto em caráter germinativo, quanto em relação ao seu vigor (Baudet, 2006). É extremamente desejável nas sementes de milho a uniformidade de forma e tamanho, para facilitar tratamentos químicos e a semeadura; porém, existe

grande variação na uniformidade das sementes na própria espiga, quanto à forma e tamanho, o que torna necessária a classificação pela largura, espessura e comprimento (Aguilera *et al.*, 2000).

A população adequada também é influenciada pelo uso de sementes de alta qualidade devido ao fato de o estande desejado se afetado pelas condições de campo, principalmente em ocasiões desfavoráveis de solo e clima para o desenvolvimento da cultura (Cantarelli *et al.*, 2015). Mondo *et al.* (2012), constataram que a formação inicial do estande de milho está ligada ao vigor do híbrido.

Dentro dos problemas detectados pela má distribuição longitudinal de sementes, destacam-se o aparecimento de sementes duplas e falhas (Marafon *et al.*, 2022). Para Pinheiro Neto *et al.* (2008), ao ocorrer sementes duplas, a produtividade das duas plantas será afetada por conta da competição por incidência solar, água, nutrientes e CO₂ denominando como competição intraespecífica, gerando um retardamento no desenvolvimento fenológico e colmo frágeis.

Do ponto de vista do desenvolvimento de máquinas e mecanismos dosadores para sementes de milho, têm-se buscado desenvolver novos sistemas para individualização e deposição de sementes no campo, entretanto o formato variável das sementes torna desafiadora a plantabilidade do milho (Pereira *et al.*, 2021).

Para Nielsen (1995), o efeito da profundidade inadequada da semente de milho no solo pode proporcionar perdas de rendimento de 8% a 20% por hectare devido ao grau de atraso de desenvolvimento de plantas. Sangoi *et al.* (2004) afirma que a profundidade superior a 0,05 m da semente no sulco influencia negativamente no desenvolvimento inicial da cultura. Filho *et al.* (2001) analisaram que a qualidade do sulco está diretamente ligada com o desenvolvimento do sistema radicular da planta.

3.5 Qualidade na Distribuição de sementes do milho

O processo de semeadura visa garantir a distribuição longitudinal apropriada das sementes no solo, juntamente com a profundidade correta de deposição, para assegurar um estande uniforme e adequado de plantas (Almeida *et al.*, 2010). É um dos processos que requer maior precisão na realização, já que pode afetar a rentabilidade do empreendimento (Ros *et al.*, 2011).

Utilizar semeadoras em altas velocidades pode abrir sulcos maiores, revolver faixas mais largas e dificultar a compressão do solo com a semente pela roda compactadora (Nascimento *et al.*, 2014), comprometendo a germinação, a emergência das sementes e, conseqüentemente, a população de plantas (Santos *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2011; Trogello *et al.*, 2013^a; Trogello *et al.*, 2013^b; Melo *et al.*, 2013).

A profundidade em que a semente é plantada influencia diretamente a germinação e a densidade da população de plantas. Quando a semeadura ocorre em profundidades maiores do que as recomendadas, a emergência da plântula pode ser retardada (Weirich Neto *et al.*, 2007), o que a deixa vulnerável ao ataque de insetos-praga presentes no solo durante esse intervalo.

As características pré definidas da semeadora para semeadura como mecanismos de corte e abertura do solo, mecanismos de deposição da semente no sulco, nível de pressão empregado ao solo pela roda compactadora, velocidade de plantio e distribuição das sementes por metro são fatores que podem influenciar diretamente a qualidade da semeadura e o desenvolvimento inicial da cultura (Weirich Neto *et al.*, 2015).

Segundo Reis (2001) para se levar em consideração a precisão de semeadura, o desempenho de uma semeadora ou adubadora pode ser afetado por erros de dosagem e pela profundidade durante o processo de deposição da semente, já que o desempenho da máquina não depende apenas do mecanismo dosador.

Para Dias *et al.* (2009) é recomendado limitadores de profundidade que trabalhem de maneira independente para manter a profundidade uniforme garantindo o sucesso do estande inicial da cultura.

3.6 Patinagem do Trator

O trator por ser uma máquina autopropelida tem a capacidade de tracionar e fornecer potência suficiente para desempenhar a maioria das operações necessárias na agricultura e sua eficiência depende, em parte, do tipo de dispositivo de tração (Araújo *et al.*, 2014).

O patinamento é o movimento relativo na direção de deslocamento, na superfície mútua de contato do rodado de tração ou de transporte e a superfície de apoio, sendo em geral expresso em termos percentuais. Depende de vários fatores como as

condições do solo, pneu e distribuição de peso, além da carga no sistema de distribuição de engate de três pontos ou na barra de tração (Garcia, 2006).

A patinação dos rodados em tratores agrícolas ocorre devido a diversos fatores, entre eles o esforço de tração necessário para deslocar determinado equipamento e o tipo de superfície que está em contato com a banda de rodagem dos pneus motrizes (Herzog *et al.*, 2002).

Souza *et al.* (2020) observaram que o uso da haste sulcadora, aumenta a patinação, a potência e a força específicas de tração, sendo a maior força para a haste independentemente da profundidade do corte do solo.

Bowers (1978) afirma que a patinação é necessária para evitar o desgaste ou quebra da transmissão do trator agrícola.

Para melhoria da eficiência de tração, pode-se utilizar alguns componentes mecânicos do trator como o bloqueio do diferencial e a tração dianteira auxiliar (TDA), quando presente (Sichocki *et al.*, 2012).

Comparar tratores de um mesmo modelo que possuem TDA com os que não possuem, é possível observar um aumento de 33% na força de tração e redução dos índices de patinação, mantendo-se o consumo energético igual entre os dois tratores (YANAI *et al.*, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Local de Estudo

O trabalho foi conduzido na área experimental da Fazenda Escola da Universidade Estadual do Maranhão, Campus Paulo VI, localizada nas coordenadas geográficas: latitude 2°35'06,2" S e longitude 44°12'30,9" W (Google Maps, 2025). O clima da região na classificação de Köppen é do tipo AW', equatorial quente úmido, com duas estações bem definidas: uma chuvosa, que se estende de janeiro a junho, e outra seca, com déficit hídrico acentuado de julho a dezembro.

Figura 1- Vista do local onde foi realizado o experimento.



Fonte: Reis, R, C, 2025.

4.1.2 Trator Agrícola

Para tracionar a semeadora de precisão (mecânica) foi utilizado um trator New Holland TL, modelo 85 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar), de 62,517 kW (85 cv) trabalhando na velocidade teórica de 4 km.h⁻¹ e 7 km.h⁻¹.

Figura 2. Trator New Holland TL – 85 utilizado para os ensaios com a semeadora de precisão.



Fonte: Reis, R, C, 2025.

4.1.3 Semeadora de precisão

Foi utilizado para realização dos testes uma semeadora mecânica da marca Baldan de modelo PLB04X3800, com 4 linhas, com espaçamento de 0,70 m entre linhas e sulcadores de discos duplos e um disco dosador.

A semeadora foi regulada para obter o espaçamento de 14 cm entre as sementes e de 5 cm de acordo com as recomendações para a cultura do milho (EMBRAPA, 2010).

Figura 3. Semeadora-adubadora mecânica modelo PN04X3800.



Fonte: Reis, R, C, 2025.

4.2 METODOS

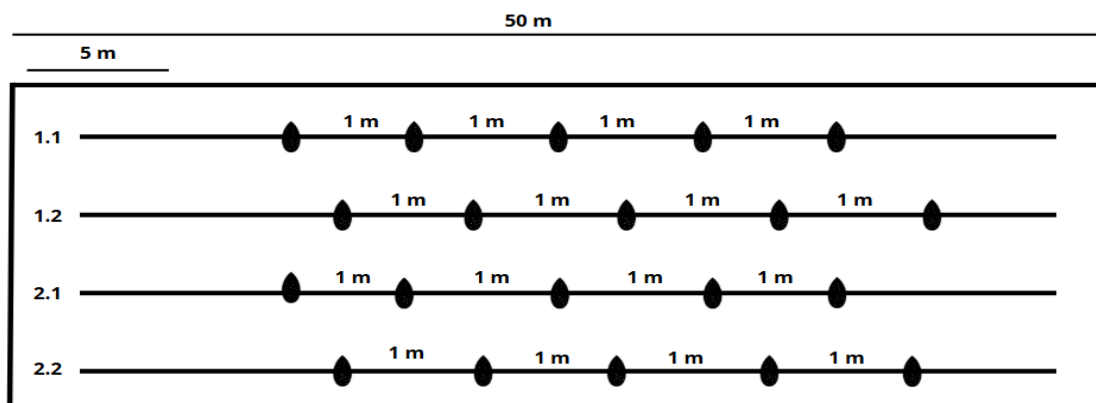
4.2.1 Velocidade de deslocamento

Foi utilizado para a realização do experimento com a semeadora de precisão (mecânica) as velocidades teóricas de 4 e 7 km.h⁻¹.

4.2.2 Distribuição das sementes da semeadora de precisão

Na figura 4 observa-se o esquema da área experimental e a maneira que foi realizada a avaliação da distribuição de sementes.

Figura 4. Esquema da área experimental e avaliação da distribuição das sementes.



Fonte: Reis, R, C, 2025.

Na área utilizada para realizar a distribuição longitudinal foi demarcado uma distância de 50 m para a distribuição longitudinal das sementes pela semeadora de precisão. A cada passada da semeadora durante o processo de distribuição de sementes havia uma área de estabilização para a semeadora de 5 m no início da área de distribuição de sementes, ou seja, os primeiros 5 m no início da área de distribuição de sementes, ou seja, os primeiros 5 m foram desconsiderados durante a avaliação.

Foram utilizadas 2 repetições para cada velocidade, sendo que as repetições foram representadas por cada faixa de distribuição de 50 m. Cada 1 metro avaliado foi representado pelo número de sementes, ou seja, cada semente representava uma amostra. Foi utilizado o método da escavação manual proposto por Baker et al. (1997), ou seja, os sulcos feitos durante o processo de semeadura foram depositados, a cada 1 m ao acaso foi utilizado uma régua para avaliar os dados da distribuição longitudinal (Figura 5) e a profundidade de deposição das sementes no sulco (Figura 6).

Figura 5. Avaliação da distribuição longitudinal de sementes de milho por semeadoras de precisão mecânica.



Fonte: Reis, R,C, 2025.

Figura 6. Avaliação da profundidade de deposição das sementes.



Fonte: Reis, R, C, 2025.

4.2.3 Avaliação dos espaçamentos entre sementes para a semeadora de precisão

Na tabela 1 é verificado a metodologia recomendada por Kurachi et al. (1989) e Albiero (2010) para a avaliação dos espaçamentos entre sementes. Por meio desta metodologia os espaçamentos coletados foram avaliados e classificados como duplos, aceitáveis ou falhos.

Tabela 1- Metodologia recomendada por Kurachi *et al.* (1989).

Tipo de espaçamento	Intervalo de tolerância para variação X_i
Múltiplos	$X_i < 0,5 \cdot X_{ref}$
Aceitáveis	$0,5 \cdot X_{ref} < X_i < 1,5 \cdot X_{ref}$
Falhos	$X_i > 1,5 \cdot X_{ref}$

Fonte: Kurachi *et al.* (1989).

De acordo com a Tabela 1 observa-se os limites das faixas de classe de frequência determinados por Kurachi *et al.* (1989), onde o autor classifica como espaçamentos duplos (múltiplos) os valores que são menores que 0,5 Xreferencial, aceitáveis valores que se encontram dentro dos limites 14 a 1,5Xreferencial e falhos os valores que maiores do que 1,5Xreferencial. O Xreferencial corresponde ao espaçamento teórico da semeadora avaliada.

Como as semeadoras foram reguladas para o espaçamento de 14 cm entre sementes os seguintes limites foram estabelecidos para a classificação dos espaçamentos duplo, aceitáveis e falhos:

$$\text{Duplos} = 7\text{cm} > 14\text{cm} > 21\text{cm} = \text{Falho}$$

4.2.4 Patinagem das semeadoras

Para medir o índice de patinagem das semeadoras foi adotado a metodologia recomendada por Mialhe (1996), em que a roda de acionamento das semeadoras foi marcada e o número de voltas que a roda de acionamento percorreu no decorrer dos 50 m avaliados foi contado. Foi utilizado um corretivo para marcar o pneu e um ponto base para que fosse contabilizado o número de voltas. Foi necessário que 3 pessoas percorresse os 50 m ao lado da semeadora em uma distância segura, para que o número de voltas fosse contado (Figura 7). A patinagem foi determinada por meio da Equação 1:

$$Pt = \frac{pr-cl}{pr} \quad Pt = \frac{pr-cl}{pr}$$

Onde:

Pt é a patinagem;

pr é o perímetro rodado pelo pneu acionado da máquina;

cl é o comprimento do espaço útil da linha experimental.

Figura 7. Contagem do número de voltas da semeadora.



Fonte: Reis, R, C, 2025.

4.2.5 Patinagem do trator

Para medir a patinagem do trator foi utilizado a metodologia elaborada por ASABE (2011a), em que a roda do trator foi marcada com um corretivo e uma pessoa acompanhou o trator (Figura 8) para contar o número de voltas da roda, com o implemento e sem o implemento. O cálculo da patinagem foi feito utilizando a Equação 2:

$$Pt = \frac{An - A1}{An} * 100 \quad Pt = \frac{An - A1}{An} * 100$$

Pt é a patinagem

An é o número de voltas da roda com carga

A1 é o número de voltas da roda sem carga

Figura 8. Contagem de voltas do trator.

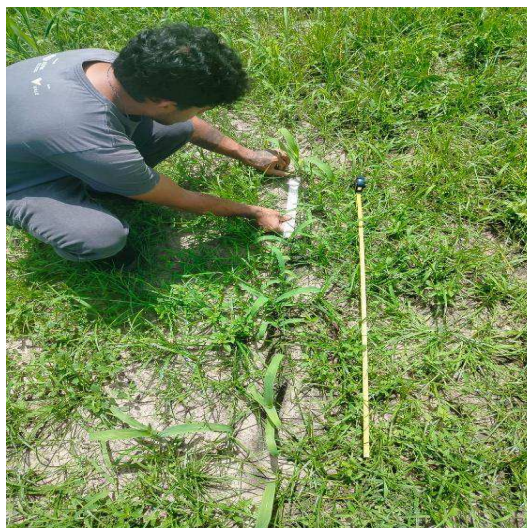


Fonte: Reis, R, C, 2025

4.2.6 Espaçamento entre plantas

Para verificar se a distribuição de sementes teve bons dados, foi coletado dados do espaçamento das sementes após a sua emergência (Figura 9), onde foi coletado da mesma forma que a coleta do espaçamento de sementes.

Figura 9. Avaliação da distribuição longitudinal do milho



Fonte: Reis, R, C, 2025.

4.2.7 Metodologia estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 1 x 2 para a semeadora de precisão (mecânica) e 2 velocidades (4 e 7 km.h⁻¹). A estatística descritiva foi utilizada para analisar os seguintes parâmetros:

média, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose. Através do coeficiente de assimetria e curtose foi determinada a normalidade dos dados. Foi utilizado a análise de variância para analisar as médias que apresentarem normalidade. Foi feito o teste de Tukey a nível de significância de 5% para detectar diferença entre as médias. Os dados foram analisados através do Software Minitab – versão 22.03.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Profundidade

TABELA 2. Estatística descritiva básica da profundidade das sementes para semeadora mecânica.

	Vel. 4 km/h	Vel. 7 km/h
Observações	388	78
Média (cm)	2,94231	1,40128
Desvio Padrão (cm)	1,81083	1,04577
Variância	3,27910	1,09363
Coeficiente de Variação (%)	61,54	74,63
Mínimo	0,5	0,5
Máximo	7	5,5
Assimetria	0,56	2,39
Curtose	-0,82	5,88

Fonte: Reis, R, C.,2025.

Verifica-se que para a semeadura de precisão mecânica na velocidade 4km.h⁻¹ obteve-se média de 2,9 cm, desvio padrão de 1,8 cm e coeficiente de variação de 61,5%, já para a velocidade de 7 km.h⁻¹ a média foi de 17,2 cm, desvio padrão de 9,7 cm e coeficiente de variação de 74,6%.

De acordo com os dados avaliados pode-se determinar que a média das velocidades, encontra-se com os valores adequados para a cultura e o solo.

Observando os dados é possível notar que o aumento da velocidade ocorreu redução da profundidade do sulco da semeadura, essa observação foi semelhante às de Melo (2013) que avaliando uma semeadora de precisão mecânica, em um solo franco arenoso, com as mesmas velocidades de deslocamento, observou uma tendencia de redução da profundidade do sulco da semeadura. Melo (2013) também observou que a semeadora mecânica não conseguiu ter força o suficiente para romper o solo, em comparação com uma semeadora pneumática. Para Portella e Faganello (1984) os

mecanismos de abertura do sulco de semeadoras dotadas com sistemas de discos exigem menor força para tração e maior força para penetração que as equipadas com sistemas de hastes.

A Tabela 2 apresenta os coeficientes de assimetria e curtose que foram os parâmetros utilizados para verificar a normalidade dos dados. Seguindo as recomendações de Hines *et al.* (2006) se os coeficientes de simetria e curtose estiverem dentro do intervalo de -2 a 2 considera-se que houve uma distribuição próxima a normalidade dos dados. Já Oliveira (2010) considera que se os coeficientes não apresentam intervalos dentro de -3 a 3 não foi realizado a análise de variância, pois considera que não houve uma distribuição normal dos dados.

5.2 Espaçamento entre sementes

Tabela 3. Estatística descritiva básica do espaçamento entre sementes para semeadora mecânica.

	Vel. 4 km/h	Vel. 7 km/h
Observações	287	72
Média (cm)	11,9792	16,8611
Desvio Padrão (cm)	9,31205	14,5832
Variância	86,7143	212,671
Coeficiente de Variação (%)	77,74	86,49
Mínimo	1	1
Máximo	43	60
Assimetria	1,39	1,62
Curtose	2,10	2,09

Fonte: Reis, R, C., 2025.

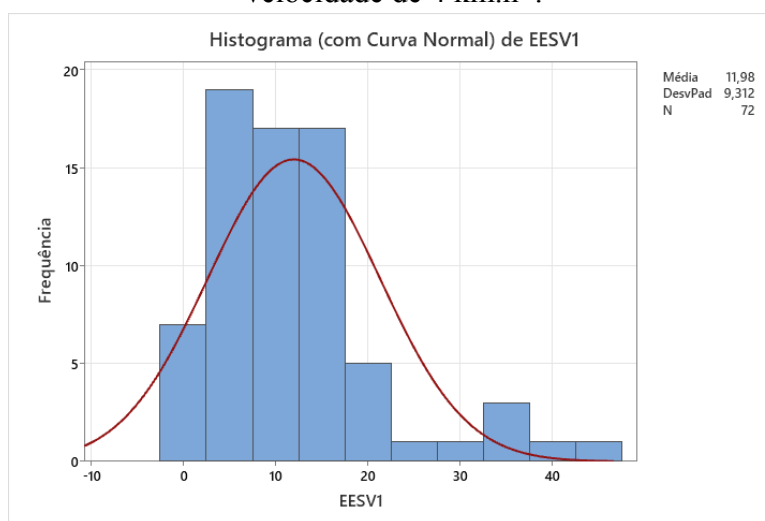
Verifica-se que para a semeadura de precisão mecânica na velocidade 4 km.h⁻¹ obteve-se média de 11,9 cm, desvio padrão de 9,3 cm e coeficiente de variação de 77,7%, já para a velocidade de 7 km.h⁻¹ a média foi de 16,8 cm, desvio padrão de 14,5 cm e coeficiente de variação de 86,4%.

De acordo com os dados avaliados pode-se observar que a média das velocidades, encontra-se com os valores de espaçamentos entre sementes diferentes do valor qual a semeadora foi regulada, indicando que houve irregularidade durante o processo de distribuição de sementes.

Através dos histogramas apresentados na Figura 10 verifica-se que os dados da semeadora na velocidade de 4 km.h⁻¹ se adequam a uma distribuição normal, já na Figura 11 observa-se pelo histograma que os dados da semeadora na velocidade 7 km.h⁻¹ não apresentam uma distribuição normal. Entretanto, mesmo os dados da

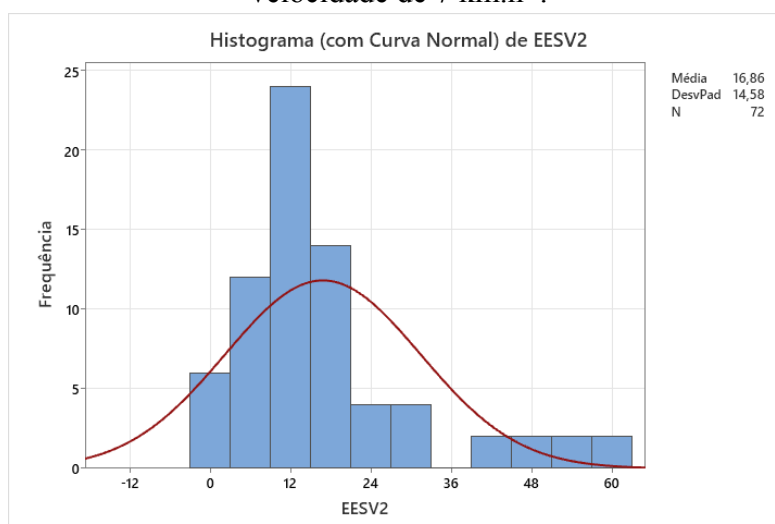
semeadora na velocidade 7 km.h^{-1} não terem apresentado uma distribuição normal os dados apresentaram normalidade, segundo Oliveira (2010) se os coeficientes de assimetria e curtose apresentarem valores dentro do intervalo de -3 e 3 considera-se que ocorreu normalidade nos dados avaliados, concluindo que os dados respeitaram uma distribuição normal em ambas as velocidades.

Figura 10. Histograma dos espaçamentos entre sementes da semeadora mecânica na velocidade de 4 km.h^{-1} .



Fonte: Reis, R, C.,2025.

Figura 11. Histograma dos espaçamentos entre sementes da semeadora mecânica na velocidade de 7 km.h^{-1} .



Fonte: Reis, R, C.,2025.

Tabela 4. Análise de variância do espaçamento entre sementes na velocidade de 4 e 7 km.h^{-1} .

Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Fator	1	858,0	858,0	5,73	0,018

Erro	142	21256,3	149,7
Total	143	22114,3	

Fonte: Reis, R, C.,2025.

Verifica-se na análise de variância do espaçamento entre sementes que nas velocidades 4 e 7 km.h⁻¹ que houve diferença significativa ao nível de 5% de significância. Foi necessário o teste de Tukey para detectar a diferença entre as médias onde mostrou DMS (Diferença Mínima Significativa) de -4,88 das médias.

Tabela 5. Avaliação de espaçamentos duplos, falhos da semeadora em função da velocidade de deslocamento.

	Vel. 4 km/h	Vel. 7 km/h
Duplos	25 (34,72%)	7 (19,45%)
Falhas	11 (15,28%)	21 (58,33%)
Aceitáveis	36 (50%)	8 (22,22%)

Fonte: Reis, R, C.,2025.

Os limites das faixas de classe de frequência foram obtidos através das recomendações de Kurachi *et al.* (1989), onde o autor classifica como espaçamentos duplos os valores que são menores que $0,5 \cdot X_{\text{referencial}}$, aceitáveis valores que se encontram dentro dos limites 14 a $1,5 \cdot X_{\text{referencial}}$ e falhos os valores maiores do que $1,5 \cdot X_{\text{referencial}}$. O $X_{\text{referencial}}$ corresponde ao espaçamento teórico de 14 cm entre sementes, sendo estabelecido para classificação dos espaçamentos duplo, aceitáveis e falhos:

$$\text{Duplo} = 7\text{cm} > 14\text{cm} > 21\text{cm} = \text{Falho}$$

Esse padrão é relatado por Silva *et al.* (2000) e Mahl *et al.* (2004), onde observaram que a uniformidade dos espaçamentos entre sementes de milho é excelente em velocidade entre 3 e 4 km.h⁻¹, regular em velocidade intermediárias de 6 a 7 km.h⁻¹ e insatisfatória em velocidades elevadas (acima de 9 km.h⁻¹). Ferreira *et al.* (2019) também relataram que a semeadora mecânica apresenta maior ocorrência de espaçamentos múltiplos e falhos em velocidades superiores a 5,5 km.h⁻¹, o que compromete a uniformidade do estande e pode impactar negativamente a produtividade.

5.3 Espaçamento entre plantas

Tabela 6. Estatística descritiva básica do espaçamento entre plantas para semeadora mecânica.

	Vel. 4 km/h	Vel. 7 km/h
Observações	74	74
Média (cm)	12,8	14,0541
Desvio Padrão (cm)	8,90196	9,30185
Variância	79,2449	86,5244
Coefficiente de Variação (%)	69,55	66,19
Mínimo	0,5	1
Máximo	45	53
Assimetria	1,08	1,18
Curtose	1,83	2,96

Fonte: Reis, R, C.,2025.

Verifica-se que para a semeadura de precisão mecânica na velocidade 4 km.h⁻¹ obteve-se média de 12,8 cm, desvio padrão de 8,9 cm e coeficiente de variação de 69,5%, já para a velocidade de 7 km.h⁻¹ a média foi de 14 cm, desvio padrão de 9,3 cm e coeficiente de variação de 66,1%.

De acordo com os dados avaliados pode inferir que a média da velocidade de 4 km.h⁻¹ foi menor que o valor regulado da semeadora, já o valor da média da velocidade de 7 km.h⁻¹ foi equivalente ao valor regulado da semeadora.

Segundo Melo (2013) e Kurachi *et al.* (1989), a variabilidade nos espaçamentos está associada tanto à precisão do mecanismo dosador quanto à velocidade de deslocamento e às condições operacionais. Para Fornasier Filho (1992) e Modolo *et al.* (2010) altos coeficientes de variação e ocorrência de duplos ou falhos resultam em competição desuniforme entre plantas, o que pode afetar negativamente o rendimento de grãos.

Além disso, Fey *et al.* (2000) e Silva *et al.* (2000) ressaltam que a uniformidade dos espaçamentos entre plantas é melhor em velocidades mais baixas, sendo prejudicada pelo aumento da velocidade de semeadura, o que está de acordo com os resultados apresentados.

Tabela 7. Análise de variância do espaçamento entre plantas na velocidade de 4 e 7 km.h⁻¹.

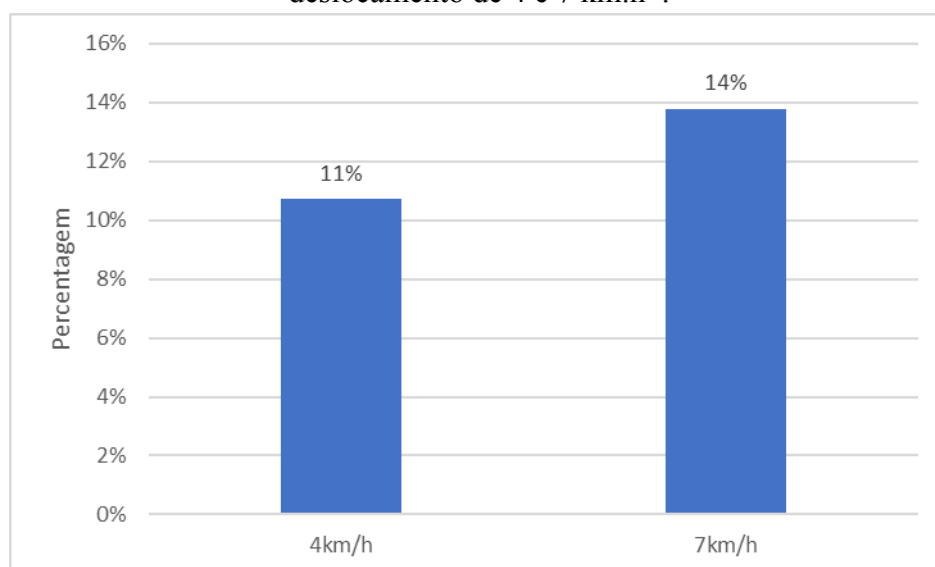
Fonte	GL	SQ	QM	Valor F	Valor-P
Fator	1	58,2	58,19	0,70	0,403
Erro	146	12101,2	82,88		
Total	147	12159,4			

Verifica-se na análise de variância do espaçamento entre plantas que nas velocidades 4 e 7 km.h⁻¹ que não houve diferença significativa ao nível de 5% de significância.

Esse resultado está em consonância com estudos de Melo (2013), Vale (2007) e Griggio (2008), que observaram que a velocidade de semeadura, dentro de certos limites pode não afetar significativamente a média dos espaçamentos ou a população inicial de plantas, mas impacta fortemente a uniformidade e a qualidade do estande. Assim, embora a produtividade possa não ser afetada diretamente pela média do espaçamento, a distribuição irregular pode comprometer o potencial produtivo devido à competição desigual entre plantas.

5.4 Patinagem da semeadora

Figura 12. Índice de patinagem da semeadora mecânica trabalhando a velocidade de deslocamento de 4 e 7 km.h⁻¹.



Fonte: Reis, R., C., 2025.

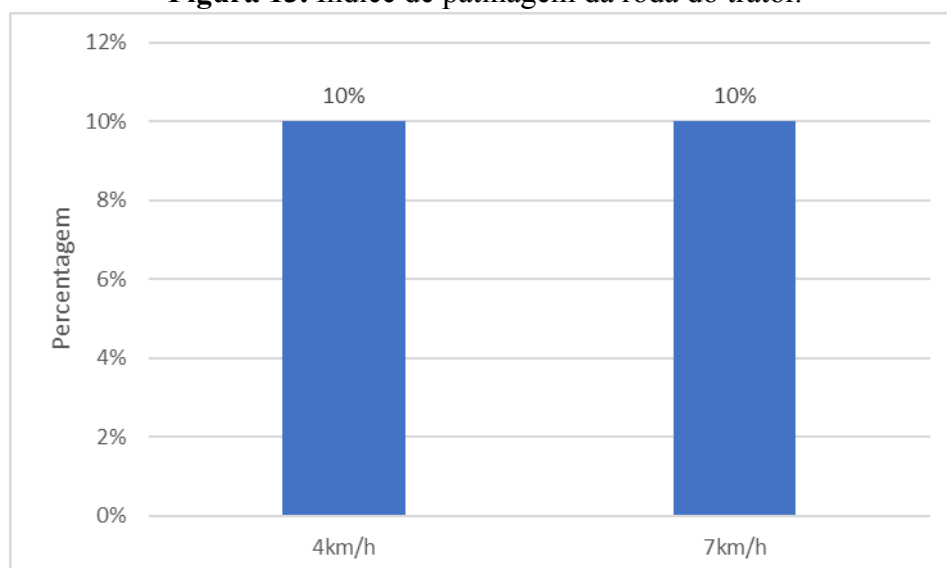
Verifica-se que a semeadora obteve índice de patinagem de 11% para a velocidade 4 km.h⁻¹ e 14 % para a velocidade de 7 km.h⁻¹. Esses valores estão em linha com a faixa considerada aceitável para semeadoras em condições de campo, que, segundo Vale (2007) e Melo *et al* (2013), deve ser mantida próxima ou abaixo de 13% para garantir precisão na distribuição de sementes e evitar aumento de falhas e duplos na linha de plantio.

O aumento da patinagem com a elevação da velocidade de deslocamento é relatado por Mahl *et al.* (2006) quando observaram que ao elevar a velocidade do conjunto trator-semeadora, há tendência de aumento do índice de patinagem, especialmente em solos mais soltos ou com maior cobertura vegetal. Esse acréscimo pode resultar em variações no espaçamento entre sementes, prejudicando a uniformidade do estande de plantas e, conseqüentemente, a produtividade da cultura.

Além disso, Rocha *et al.* (2003) e Ferreira *et al.* (2019) destacam que a patinagem excessiva reduz a eficiência do acionamento dos mecanismos dosadores, podendo aumentar o espaçamento real entre sementes em relação ao valor regulado. Isso reforça a necessidade de monitorar e ajustar a velocidade de operação e o lastreamento da semeadora para manter a patinagem em níveis adequados.

5.5 Patinagem do trator

Figura 13. Índice de patinagem da roda do trator.



Fonte: Reis, R, C.,2025.

Verifica-se que o trator obteve índice de 10 % em ambas as velocidades. Este valor está dentro do intervalo recomendado para tratores agrícolas, que, conforme Mahl *et al.* (2006) e Vale (2007), deve variar entre 8% e 15% para maximizar a eficiência de tração sem causar desgaste excessivo dos pneus ou compactação excessiva do solo.

Segundo Santos *et al.* (2008), a manutenção da patinagem do trator dentro desses limites é fundamental para garantir o desempenho operacional do conjunto, evitar perdas de potência e assegurar o funcionamento adequado dos implementos acoplados, como a semeadora. Patinagem abaixo de 8% pode indicar excesso de lastro, enquanto valores acima de 15% sugerem necessidade de ajustes na pressão dos pneus, lastreamento ou redução da carga.

Além disso, Ferreira *et al.* (2019) reforçam que patinagem excessiva do trator pode afetar indiretamente a distribuição de sementes, pois interfere na constância da velocidade de deslocamento e, conseqüentemente, na precisão dos mecanismos dosadores da semeadora.

CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa mostram que operar a semeadora de precisão mecânica em baixa velocidade melhora a uniformidade do espaçamento entre sementes e reduz falhas, enquanto velocidades mais altas aumentam a variabilidade e a patinagem, prejudicando o estande e a eficiência. Esses resultados reforçam a importância do ajuste correto dos equipamentos e do monitoramento da patinagem para garantir a produtividade.

Para futuras pesquisas, é recomendado estudar o desempenho de diferentes mecanismos dosadores em várias condições de solo e analisar o impacto de tecnologias de automação no controle da semeadura. Tais investigações pode contribuir para práticas mais eficientes e sustentáveis na agricultura, ampliando as aplicações e benefícios da semeadura de precisão.

REFERENCIAS

- ALBIERO, D. **Desenvolvimento e avaliação de máquina multifuncional conservacionista para a agricultura familiar**. 2010. 244 f. Tese (Dourado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.
- AGUILERA, L. A.; CARON, B. O.; CELLA, W. L.; LERSCH JUNIOR, I. Qualidade fisiológica de sementes de milho em função da forma e do tratamento químico das sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 211-215, 2000. Disponível em: <https://ppl-ai-file-upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/attachments/19186255/c1475147-b26b-46a8-a419-b4816f824df6/download-1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.
- ANZILEIRO, D. Agricultura de precisão: tendências e desafios. **Revista Cultivar**, Porto Alegre, n. 125, p. 14-18, 2021. Disponível em: <https://www.revistacultivar.com.br/artigos/agricultura-de-precisao-tendencias-e-desafios>. Acesso em: 28 jun. 2025.
- ARAÚJO, V. F. de; HONORATO, A. da C.; CORTEZ, J. W.; PATROCÍNIO FILHO, A. P.; NAGAHAMA, H. de J.. PATINAGEM, OPACIDADE E RUÍDO DE TRÊS TRATORES AGRÍCOLAS DE PNEUS. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 01–08, 2014. DOI: 10.17224/EnergAgric.2014v29n1p01-08. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/820>. Acesso em: 3 jul. 2025.
- ASABE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASAE EP496.3**:agricultural machinery managent. St. Joseph: ASABE Standards, 2011^a. 7p.
- BAUDET, L.; VILLELA, F. A. Armazenamento de sementes. In.: PESKE, ST et al. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2ed. Pelotas: UFPel, 2006. p. 427-470.
- BAKER, C. J. et al. **No-tillage Seeding in Conservation Agriculture**. 2. ed. London: Cromwell Press, 1997.
- BELLE, R. A.; FRABETTI, J. A.; DAMBRÓS, R. N.; SANTOS, E. P. DE S. Novas alternativas para o estabelecimento da cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 2, p. 163-169, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8k7J4g9JYcK9pQ7R6gFZk5D>. Acesso em: 28 jun. 2025.

BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima**. Porto Alegre: Emater/RS, 2014. 84p.

BOWERS, W. **Matching equipamento to big tractors for eficiente field-operations**. In: ASAE INTERNATIONAL MEETING, 1978, Utah. Proceedings...Logan: Utah State Univesity, 1978. 8p.

CANATRELLI, J. L. D.; SCHUCH, L.O. B.; TAVARES, L.C.; RUFINO, C. A. Variability of soybean plants originated from seeds with diferente physiological quality levels. **Acta Agronómica**, v. 64, n. 3, p. 218-222, 2015.

CASÃO JUNIOR, R. **Semeadoras de precisão: princípios e regulagem**. Londrina: IAPAR, 2006.

COPETTI, E. Prevenir custa menos. **Revista Cultivar Máquinas**. fev. 2004.

CRUZ, J. C. *et al.* **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistemas de Produção, 2). 6. ed. eletrônica. Disponível em: <https://ppl-ai-file-upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/attachments/19186255/e75a7f4b-1ab4-425c-90dc-570e2c5f1aab/Plantio.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2025.

DIAS, H. M.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; TAVARES, T. O. Regulagem de semeadoras-adubadoras para milho. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 127-135, 2009. Disponível em: <https://www.seer.ufv.br/seer/index.php/reveng/article/view/168>. Acesso em: 28 jun. 2025.

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F.L.F.; DENARDIN, J.E.; FAGANELLO, A.; DRESCGER, G.L. Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Sol**.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Cultivo do milho. Sistema de Produção**. 6. ed. 2010. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/milho/milho_sorgo_rs_2010_2011.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

EMBRAPA, **cultivo do milho**, Sete lagoas- MG- Brasil, 2012. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/index.htm. Acesso em: 25 jun. 2016. Viçosa, MG, v.36, n.6, p.1836-1844, 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2019. **Milho -Caracterização e Desafios Tecnológicos, Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2).**

FERREIRA, F. M.; SOUZA, C. M. A.; OLIVEIRA, R. P.; GONÇALVES, J. L. **Distribuição longitudinal na semeadura do milho com semeadoras de precisão mecânica e pneumática.** Nativa, Sinop, v. 7, n. 3, p. 296-300, 2019. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/7553>. Acesso em: 04 jun. 2025.

FEY, E.; SANTOS, S.R .; FEY, A. Influência da velocidade de semeadura sobre a produtividade de milho (*Zea mays L.*) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29.,2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD.

FILHO, J. T.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. F.; FONSECA, I. C. B. Resistência do solo a penetração do sistema radicular do milho sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25 p. 725-730, 2001.

FRANCETTO, T. R.; DAGIOS, R. F.; LEINDECKER, J. A.; ALONÇO, A. S.; FERREIRA, M. F. Características dimensionais e ponderais das semeadoras-adubadoras de precisão no Brasil. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 19, n. 1, p. 18-24, 2015. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/6092>. Acesso em: 03 jun. 2025.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho.** Jaboticabal: FUNEP, 1992.

FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; TAVARES, T. O.; GARCIA, A. P. Semeadora-adubadora: exigências em função do preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 815-821, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/6t6yB8p6r8Jm6m5w7v5n8k9>. Acesso em: 03 jun. 2025.

GARCIA, A. P. **Eficiência de tração de tratores agrícolas.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 456-463, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/9t6v8p7y8m6k5n4w3j2h1l0>. Acesso em: 03 jun. 2025.

GRIGGIO, T. C. **Distribuição longitudinal de sementes de milho em diferentes velocidades de semeadura.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –

Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/377180>. Acesso em: 05 mar. 2025.

HENRICHSEN, L. H.; CHRISTT, E. L.; SILVA, C. K. da; HÜBNER, J. P.; SANDER, L. S.; ROSSATTO, A. A. P.; GARAFFA, J. P.; MARTINS, J. D. Efeitos da desuniformidade de emergência na cultura do milho. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 28382-28398, mar. 2021. Disponível em: <https://ppl-ai-file-upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/attachments/19186255/735e00f3-f3cf-4342-980a-da0a25617c91/admin-BJD-518-1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2025.

HERZOG, R.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; GARCIA, A. P. Patinagem dos rodados do trator e semeadora-adubadora em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 97-107, 2002. Disponível em: <https://www.revistas.caunesp.unesp.br/index.php/energia/article/view/124>. Acesso em: 03 jun. 2025.

HINES, W. W.; MONTGOMERY, D. C.; GOLDSMAN, D. M.; BORROR, C. M. **Probabilidade e estatística na engenharia**. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

KURACHI, S. A. H.; MATSUBARA, E. T.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P. **Análise da distribuição longitudinal de sementes de milho em semeadoras-adubadoras de precisão**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 9, n. 1, p. 1-15, 1989. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/1k2j3h4g5f6d7s8a9w0z1x2>. Acesso em: 03 jun. 2025.

MAHL, D.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; TAVARES, T. O. **Desempenho operacional de semeadora em diferentes condições de solo e velocidades**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 234-242, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/5h6j7k8l9m0n1o2p3q4r5s6>. Acesso em: 03 jun. 2025.

MARAFON, V.; ASSMANN, E. J. Diferentes velocidades de deslocamento da semeadora e dosadores de sementes na cultura do milho. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, edição especial, p. 44-55, 2022. Disponível em: <https://ppl-ai-file-upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/attachments/19186255/99cd46b7-bd1a-42db-ad09-4a0a8b998a51/1152-Texto-do-artigo-4222-1-10-20221024.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2025.

MARTINS, M. I. S.; SILVA, N. O.; SEKITA, M. C.. Avaliação do potencial fisiológico e crescimento inicial de diferentes sementes de milho. **Revista Brasileira de Gestão e Engenharia, São Gotardo**, v. 13, n. especial, p. 1-9, 2022. Disponível em: <https://ppl-ai-file-upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/attachments/19186255/d69e32ec-c619-42fd-b62a-a21ec36a4005/adminandre-02-Martins-e-Silva-Milho.pdf>.

Acesso em: 23 jun. 2025.

MATTAR, D. M. P. **Influência do deslizamento da roda motora de uma semeadora/adubadora de plantio direto no espaçamento longitudinal de sementes de milho**. 2010. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

MELO, R. P. **Qualidade na distribuição longitudinal de sementes por semeadoras de precisão e fluxo contínuo nas condições edafoclimáticas do Ceará**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7495>. Acesso em: 03 jun. 2025.

MIALHE, L. G.; **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Millennium Editora, Campinas, p. 230- 241, 2012.

MODOLO, A. J.; CARNIELETTO, R.; KOLLING, E. M.; TROGELLO, E.; SGARBOSSA, M.. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/xpffW6BFmR5kPvFWVSZdYWK/>. Acesso em: 23 jun. 2025.

MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M.; DOURADO-NETO, D.; PUPIM, T. L.; DIAS, M. A. N. Vigor de semente e desempenho de plantas de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 34, nº 1 p. 143-155, 2012.

NASCIMENTO, J. A. C.; SANTOS, E. P. S.; CAVICHIOLI, F. A.; SILVA, R. P. **Influência da velocidade de deslocamento na qualidade da semeadura do milho**.

Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 34, n. 4, p. 746-757, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/6g7h8j9k011m2n3o4p5q6r7>. Acesso em: 05 mar. 2025.

NIELSEN, R.L. **Planting speed effects on stand establishment and grain yield of corn.** *Journal of Production Agriculture*, n.8, p.391–393, 1995.

OLIVEIRA, M. F.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; TAVARES, T. O. **Avaliação do desempenho de uma semeadora de precisão com modificações no tubo condutor de sementes.** *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 39, n. 1, p. 163-170, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/8k9l0m1n2o3p4q5r6s7t8u9>. Acesso em: 05 mar. 2025.

OLIVEIRA, J. U. C. de. **Estatística: uma nova abordagem.** Rio de Janeiro: Ciência, 2010.

PAIVA, J. R. G. **Comportamento produtivo da cultura do milho em sistema orgânico de cultivo.** 2011. 40 f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2011.

PEREIRA, J. C. S. et al. **O formato das sementes pode influenciar a plantabilidade do milho em dosadores pneumáticos?** *Energia na Agricultura*, v. 36, n. 1, p. 17–27, 2021. DOI: 10.17224/EnergAgric.2021v36n1p17-27. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/3822>. Acesso em: 4 jan. 2025.

PINHEIRO NETO, R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; BORTOLOTTI, V. C.; PINHEIRO, A. C. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 30, n.2, p. 611-617, 2008.

PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, J. R. **Força de tração em semeadoras-adubadoras.** *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 4, n. 2, p. 45-52, 1984.

PORTELLA, J. A.; FAGANELLO, A.; SATTLER, A. **Máquinas e implementos para plantio direto.** In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE TRIGO. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo, p. 29-36. 1993.

REIS, F. R. B. Precisão de semeadoras-adubadoras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 163-167, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7h8j9k0l1m2n3o4p5q6r7s8>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ROCHA, F. E. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; TAVARES, T. O. **Avaliação de três mecanismos de distribuição de sementes de milho em semeadoras-adubadoras de precisão**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 123-132, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/3b4c5d6e7f8g9h0i1j2k3l4>. Acesso em: 23 jun. 2025.

ROS, C. O.; SANTOS, E. P. S.; CAVICHIOLI, F. A.; SILVA, R. P. **Influência da velocidade de deslocamento na qualidade da semeadura do milho**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 746-757, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/1d2e3f4g5h6i7j8k9l0m1n2>. Acesso em: 03 jun. 2025.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; HORN, D.; BIANCHET, P.; GRACIETTI, M. A.; SCHMITT, A.; SCHWEITZER, C. Tamanho de semente, profundidade de semeadura e crescimento inicial do milho em duas épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 3, p. 370-380, 2004.

SANTOS, A. J. M.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; TAVARES, T. O. Análise espacial da distribuição longitudinal de sementes de milho em uma semeadora-adubadora de precisão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 16-23, 2011. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13356>. Acesso em: 03 jun. 2025.

SANTOS, A. P.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; TAVARES, T. O. **Qualidade de semeadura na implantação da cultura do milho**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 234-242, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/2f3g4h5i6j7k8l9m0n1o2p3>. Acesso em: 25 jun. 2025.

SATTLER, Arcenio. **Regulagem estática da vazão de sementes em semeadoras de precisão: método da relação de transmissão**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 24 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 24). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/850209>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SICHOCKI, A. C.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; TAVARES, T. O. **Eficiência de tração de tratores agrícolas com e sem tração dianteira auxiliar**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 315-322, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/4h5i6j7k8l9m0n1o2p3q4r5>. Acesso em: 23 jun. 2025.

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

SCHMIDT, F. Qualidade da classificação física e plantabilidade no campo de lotes de sementes de milho variedade. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 5, n. 7, p. 8591- 8602, 2019.

SOUZA, C. M. A.; FERREIRA, F. M.; OLIVEIRA, R. P.; GONÇALVES, J. L. **Estimativa da demanda energética de uma semeadora-adubadora de precisão em semeadura direta da soja**. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 35, n. 4, p. 484-492, 2020. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/4050>. Acesso em: 23 jun. 2025.

SOUZA, C. M. A.; FERREIRA, F. M.; OLIVEIRA, R. P.; GONÇALVES, J. L. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras mecânica e pneumática. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 283-290, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/VTyCsgxQFSW6WRhBqqwnVbQ>. Acesso em: 23 jun. 2025.

TROGELLO, E.; SANTOS, E. P. S.; CAVICHIOLI, F. A.; SILVA, R. P. **Influência da velocidade de deslocamento na qualidade da semeadura do milho**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 163-170, 2013a. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/5n6o7p8q9r0s1t2u3v4w5x6>. Acesso em: 23 jun. 2025.

TROGELLO, E.; SANTOS, E. P. S.; CAVICHIOLI, F. A.; SILVA, R. P. **Qualidade de semeadura na implantação da cultura do milho**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 234-242, 2013b. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/6y7z8a9b0c1d2e3f4g5h6i7>. Acesso em: 23 jun. 2025.

VALE, W. G. do. **Análise de desempenho de uma semeadora-adubadora de semeadura direta no Norte Fluminense**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos

Goytacazes, 2007. Disponível em:
<https://uenf.br/posgraduacao/engenharia-agricola/dissertacoes/vale-wg-2007.pdf>.
Acesso em: 23 jun. 2025.

WEIRICH NETO, P.H.; FORNARI, A.J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L.C. **Qualidade na semeadura do milho**. Engenharia Agrícola, v.35, n.1, p.171-179, 2015.

WEIRICH NETO, P. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; TAVARES, T. O. **Influência da profundidade de semeadura na emergência do milho**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 234-242, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/8p9q0r1s2t3u4v5w6x7y8z9>. Acesso em: 03 jun. 2025.

WEIRICH NETO, P. H.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; TAVARES, T. O. Fatores que afetam a qualidade da semeadura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 234-242, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/9z0a1b2c3d4e5f6g7h8i9j0>. Acesso em: 03 jun. 2025.

YANAI, H. Y.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A.; TAVARES, T. O. **Comparação do desempenho de tratores agrícolas com e sem tração dianteira auxiliar**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 315-322, 1999. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/1m2n3o4p5q6r7s8t9u0v1w2>. Acesso em: 03 jun. 2025.