



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETÁRIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PRECISÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DOSADOR
CONVENCIONAL
EM DIFERENTES VELOCIDADES DE SEMEADURA**

ANA KARLA SILVA GUIMARÃES

URUTAÍ – GO
Junho, 2026



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ANA KARLA SILVA GUIMARÃES

**PRECISÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DOSADOR
CONVENCIONAL
EM DIFERENTES VELOCIDADES DE SEMEADURA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Rônega Boa Sorte Vargas

URUTAÍ – GO
Junho, 2026

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- ☐ Tese (doutorado)
☐ Dissertação (mestrado)
☐ Monografia (especialização)
☒ TCC (graduação)

- ☐ Artigo científico
☐ Capítulo de livro
☐ Livro
☐ Trabalho apresentado em evento

☐ Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Ana Karla Silva Guimarães

Matrícula:

2020101200640304

Título do trabalho:

PRECISAO DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DOSADOR CONVENCIONAL EM DIFERENTES VELOCIDADES DE SEMEADURA

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: ☒ Não ☐ Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 25 / 09 / 2026

O documento está sujeito a registro de patente? ☐ Sim ☒ Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? ☐ Sim ☒ Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Urutai, Goias

Local

05 / 09 / 2026

Data

Documento assinado digitalmente:
ANA KARLA SILVA GUIMARAES
Data: 25/09/2026 13:55:23-0100
Verifique em: <https://validar.ifgo.br>

Assinatura



Documento assinado digitalmente:
RONIEGA ROA SORTE VARGAS
Data: 17/09/2026 06:24:11-0100
Verifique em: <https://validar.ifgo.br>

itorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

**PRECISÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE SEMENTES DE MILHO COM DOSADOR
CONVENCIONAL EM DIFERENTES VELOCIDADES DE SEMEADURA**

ANA KARLA SILVA GUIMARÃES

Trabalho de curso apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Instituto Federal Goiano – Câmpus Urutaí, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Defendido e aprovado pela Comissão Examinadora em: __ / __ / ____.

Prof^a. Dr^a. Rônega Boa Sorte Vargas

Orientador (a)

Prof^a. Dr^a. Amanda Rithieli Pereira dos Santos

Examinadora

Prof^a. Dr^a. Rute Quelvía de Faria

Examinadora



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 10/2026 - CCBEA-URT/GE-UR/DE-UR/CMPURT/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) **vinte e cinco** dia(s) do mês de junho de 2026, às 09 horas e 10 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: Rônega Boa Sorte Vargas (orientadora), Amanda Rithieli Perreira do Santos (membra), Rute Quelvia de Faria (membra), para examinar o Trabalho de Curso intitulado <Precisão da distribuição de sementes de milho com dosador convencional em diferentes velocidade de semeadura = do(a) estudante Ana Karla Silva Guimarães, Matrícula nº 2020101200640304 do Curso de Engenharia Agrícola do IF Goiano 3 Campus Urutai. A palavra foi concedida ao(a) estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do(a) candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela

APROVAÇÃO do(a) estudante com nota final de 9,8. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Rônega Boa Sorte Vargas

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Amanda Rithieli Perreira do Santos

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Rute Quelvia de Faria

Membro

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Ronega Boa Sorte Vargas**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 25/06/2026 08:35:42.
- **Amanda Rithieli Pereira dos Santos**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 25/06/2026 08:40:15.
- **Rute Quelvia de Faria**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 25/06/2026 08:43:01.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 25/06/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 834639

Código de Autenticação: ffae813882



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Urutai

Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2.5, SN, Zona Rural, URUTAI / GO, CEP 75790-000

(64) 3465-1900

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que não tiveram a oportunidade de estar na universidade, mas sempre fizeram de tudo para que eu concluísse este caminho. A vocês, que me ensinaram o valor do esforço, da honestidade e da perseverança, ofereço cada conquista desta jornada. Este diploma é tão de vocês quanto meu, fruto do amor e da força que sempre me sustentaram.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que colocou este sonho em meu coração e me sustentou em cada passo, mesmo nos dias em que pensei em desistir. Foi Ele quem me deu forças, abriu caminhos e me mostrou que os sonhos, quando regados com fé, se tornam realidade.

Aos meus pais, Karina Silva Pacheco e Fernando Guimarães Santos, que sempre acreditaram em mim e me mostraram que o amor e o sacrifício são forças capazes de transformar destinos. Vocês são a razão desta vitória.

Aos meus irmãos, Katia Flávia Silva Guimarães e Fernando Guimarães Santos Filho, que nunca deixaram de me apoiar e sonhar comigo, tornando cada conquista ainda mais significativa.

Aos meus sobrinhos, Maria Vitória e Heitor Miguel, que eu possa servir de inspiração para vocês, e ao meu cunhado Samuel, que sempre acreditou em mim e me apoiou, mostrando que a família é também força e incentivo.

Às minhas avós, Carmelinda e Maronita, por cada palavra de carinho e cada gesto de cuidado foram sinais do amor de vocês por mim, que me sustentaram com fé e esperança até este momento.

À minha bisavó, Aparecida Cândido Cassiano (*in memoriam*), que de onde estiver sei que sorri radiante diante desta conquista, orgulhosa de cada passo que dei.

Às minhas amigas, que compreenderam minhas ausências e me apoiaram mesmo de longe, acreditando nos meus sonhos como se fossem delas.

À minha amiga Myrella Bernardo, que embarcou comigo nesta aventura e, mesmo que nossos caminhos tenham se separado, deixou em mim a lembrança de apoio e companheirismo.

À minha orientadora, Prof.^a Dra. Rônega Boa Sorte Vargas, por compartilhar todo o seu conhecimento com paciência, dedicação e generosidade.

À banca examinadora, Prof.^a Dra. Amanda Rithieli Pereira dos Santos e Prof.^a Dra. Rute Quêlvia de Faria, pelo carinho e pela atenção que sempre tiveram comigo.

Aos meus professores do núcleo da Engenharia Agrícola, serei eternamente grata por cada ensinamento e dedicação de vocês, que marcaram minha trajetória e me ajudaram a florescer como profissional e como pessoa.

E, por fim, à minha família em geral, por sempre acreditarem em mim, me encherem de esperança e me sustentarem com cada palavra de incentivo e cada oração. “Pra chegar aonde consegui chegar, foi Deus lá no céu e vocês no chão” (Cada Passo – Áureo Deni). Obrigada por serem minha base, minha força e meu maior motivo para nunca desistir.

EPÍGRAFE

*“Deus não poderia me inspirar desejos irrealizáveis.”
(Santa Teresinha do Menino Jesus).*

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a precisão da distribuição de sementes de milho utilizando dosador de disco horizontal convencional em diferentes velocidades de semeadura. O experimento foi conduzido no campo experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, em Latossolo Vermelho distrófico típico, empregando a cultivar AG 8701 PRO 4. Foram testadas duas velocidades de operação (4 e 6 km h⁻¹), em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Os parâmetros analisados incluíram emergência das plântulas, índice de velocidade de emergência (IVE) e distribuição longitudinal das sementes (espaçamentos aceitáveis, falhas e duplas). Os resultados mostraram que a menor velocidade favoreceu maior uniformidade e rapidez na emergência das plântulas, refletindo em maior IVE, enquanto a distribuição longitudinal não apresentou diferença estatística significativa entre as velocidades avaliadas.

Palavras-chave: milho, semeadura mecanizada, dosador convencional, emergência de plântulas, velocidade de plantio.

ABSTRAT

This work aimed to evaluate the accuracy of corn seed distribution using a conventional horizontal disc seeder at different planting speeds. The experiment was carried out at the experimental field of the Federal Institute of Goiano – Urutaí Campus, on a typical dystrophic Red Latosol, using the AG 8701 PRO 4 variety. Two operating speeds (4 and 6 km h⁻¹) were tested in a randomized block design, with three repetitions. The analyzed parameters included seedling emergence, emergence speed index (ESI), and the longitudinal distribution of seeds (acceptable spacing, gaps, and doubles). The results showed that the lower speed favored greater uniformity and faster seedling emergence, leading to a higher VGI, while the longitudinal distribution did not show a statistically significant difference between the speeds tested.

Keywords: corn, mechanized sowing, conventional dispenser, seedling emergence, planting speed.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Área experimental destinada ao cultivo de milho. Fonte: Autoria própria (2026).....	21
Figura 2– Operação de semeadura mecanizada realizada em campo experimental.	22
Figura 3 – Disco dosador horizontal com 28 alvéolos em fileira simples.	23
Figura 4 – Plântula de milho em fase inicial de emergência, identificada com abraçadeiras de nylon coloridas.....	24
Figura 5 – Emergência (%) das plântulas de milho em diferentes velocidades de semeadura (4 e 6 km h ⁻¹) ao longo dos dias após a emergência (DAE).	27
Figura 6 – Distribuição dos espaçamentos aceitáveis, falhas, duplas e coeficiente de variação (%) em função da velocidade de semeadura (4 e 6 km h ⁻¹).	28
Figura 7– Representação esquemática dos gargalos cinéticos do dosador horizontal convencional, destacando dependência da gravidade, limitação espacial e elevado coeficiente de variação.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Classificação do espaçamento entre sementes de milho segundo Kurachi et al. (1989).	25
Tabela 2 – Emergência média das plântulas de milho por dia após a emergência (DAE) e valores do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), em função das velocidades de semeadura (4 e 6 km h ⁻¹).	26

LISTA DE SIGLAS

ABRATES — Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes

ANOVA — Análise de Variância

CONAB — Companhia Nacional de Abastecimento

CV — Coeficiente de Variação

DAE — Dias Após a Emergência

EDS — Espaçamento Desejado entre Sementes

EMBRAPA — Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IVE — Índice de Velocidade de Emergência

IVEM — Índice de Velocidade de Emergência Médio

NS — Não Significativo

UFLA — Universidade Federal de Lavras

UNICAMP — Universidade Estadual de Campinas

Sumário

RESUMO	10
ABSTRAT	11
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Cultura do milho	17
2.2 Máquinas para Plantio.....	17
2.3 Distribuição longitudinal	18
2.4 Velocidade de Emergência.....	18
2.5 Velocidade de plantio	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Emergência das plântulas.....	26
4.2 Distribuição longitudinal das sementes	28
4.3 Gargalos cinéticos do dosador horizontal convencional	30
5. CONCLUSÃO	31
6. REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

O milho é um grão de grande importância para a economia mundial devido às suas diversas utilidades, podendo ser destinado à alimentação animal e humana e utilizado como matéria-prima para diferentes indústrias, por apresentar elevada reserva energética. A distribuição inadequada das sementes no solo pode ocasionar falhas ou competição entre plantas, comprometendo o desenvolvimento da cultura e reduzindo o potencial produtivo da lavoura.

A mecanização agrícola, por meio das tecnologias presentes nas semeadoras-adubadoras, desempenha papel essencial nesse processo, permitindo maior precisão e uniformidade no plantio. Entre os mecanismos dosadores de sementes, destacam-se o disco horizontal e o pneumático, sendo o primeiro predominante nas máquinas utilizadas pelos produtores brasileiros (FRANCETTO *et al.*, 2015). Apesar de amplamente difundido, o dosador de disco horizontal exige regulagens criteriosas para garantir eficiência.

Avanços tecnológicos recentes têm buscado aprimorar a precisão desses mecanismos, reduzindo problemas como falhas e deposições duplas. Entretanto, a velocidade de semeadura continua sendo um fator crítico, capaz de comprometer tanto a distribuição longitudinal das sementes quanto a emergência das plântulas.

Diante do exposto, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da semeadura mecanizada de milho, considerando a emergência das plântulas e a distribuição longitudinal das sementes em diferentes velocidades de operação com dosador de disco horizontal convencional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do milho

O milho é uma das culturas agrícolas mais cultivadas no mundo, com produção distribuída em diversos continentes e destaque para países como Estados Unidos, China e Brasil. De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2026), para a safra 2025/26, as estimativas apontam uma produção nacional de aproximadamente 135 milhões de toneladas, cultivadas em cerca de 21,9 milhões de hectares, com produtividade média próxima de 6.400 kg/ha. Esses números consolidam o Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais de milho, com previsão de exportações em torno de 43 milhões de toneladas, reforçando sua importância estratégica para o abastecimento interno e para o mercado internacional. Para que essa elevada produção seja mantida e ampliada, é fundamental que a mecanização agrícola seja realizada de forma eficiente, especialmente no uso de semeadoras-adubadoras, para garantir precisão na deposição das sementes e uniformidade no estande de plantas (CONAB, 2026).

2.2 Máquinas para Plantio

As semeadoras-adubadoras são equipamentos agrícolas projetados para realizar o plantio de forma mecanizada, garantindo a deposição uniforme das sementes e dos fertilizantes no solo. Esses implementos têm o papel fundamental na agricultura, pois permitem maior precisão, eficiência operacional e redução de custos de produção (MIALHE, 2012; FRANCETTO *et al.*, 2015).

Entre os componentes mais importantes das semeadoras está o mecanismo dosador de sementes, responsável por controlar a quantidade e a posição das sementes no sulco de semeadura. No Brasil, segundo Francetto *et al.* (2015), predominam dois tipos principais de dosadores: o disco horizontal e o pneumático, sendo o primeiro presente em cerca de 79,57% das máquinas utilizadas pelos produtores.

O dosador de disco horizontal é descrito por Mialhe (2012) como um sistema composto por orifícios circulares (alvéolos) posicionados sob um reservatório de sementes. Nesse

mecanismo, as sementes são depositadas nos alvéolos por gravidade e dosadas individualmente conforme o disco gira, sendo posteriormente expelidas por um tubo condutor que as distribui no sulco de semeadura. Esse mecanismo apresenta como principais vantagens a simplicidade construtiva, o baixo custo e a ampla utilização no país, o que facilita sua manutenção e operação. Contudo, também possui limitações, o dosador de disco horizontal é sensível à velocidade de deslocamento da semeadora, podendo gerar falhas ou deposição dupla em condições de alta velocidade; além disso, sua eficiência depende do formato e da uniformidade das sementes, o que pode comprometer a precisão em comparação ao sistema pneumático.

2.3 Distribuição longitudinal

A qualidade da semeadura é influenciada pela distribuição longitudinal das sementes no sulco, que considera parâmetros como espaçamento aceitáveis, falhas e duplas. Uma distribuição irregular compromete o estande de plantas e pode reduzir significativamente a produtividade dos grãos, já que plantas muito próximas competem por recursos e espaçamentos excessivos resultam em falhas na lavoura Correia (2016). Para garantir bom desempenho produtivo SILVA *et al.*, (2004) destacam que a dosagem e a distribuição das sementes devem seguir as recomendações técnicas do material semeado, assegurando a equidistância entre as plantas e evitando tanto a competição quanto a perda de potencial produtivo.

A avaliação da plantabilidade, ou seja, da capacidade do mecanismo dosador em posicionar corretamente as sementes, é realizada por meio da classificação dos espaçamentos. Segundo Tourino & Klingensteiner (1983), um mecanismo é considerado de ótimo desempenho quando apresenta entre 90% e 100% de espaçamentos aceitáveis. O desempenho é classificado como bom quando a faixa está entre 75% e 90%, regular entre 50% e 75%, e insatisfatório quando menos de 50% dos espaçamentos são adequados. Essa metodologia é amplamente utilizada para avaliar mecanismos dosadores, incluindo o disco horizontal convencional, e permite identificar de forma objetiva a eficiência da semeadura.

2.4 Velocidade de Emergência

A emergência das plântulas corresponde ao processo de germinação e aparecimento das primeiras estruturas vegetativas acima da superfície do solo. Esse parâmetro é utilizado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes e a eficiência do processo de semeadura. No milho, a uniformidade e a rapidez da emergência são fatores determinantes para o estabelecimento inicial da lavoura, influenciando diretamente o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produtividade final (Maguire, 1962; Andreoli & Andrade, 2003; Mello et al., 2018).

Uma emergência homogênea e rápida reduz a competição entre plantas, favorece o aproveitamento de recursos como luz, água e nutrientes e garante maior uniformidade no estande. Por outro lado, atrasos ou irregularidades nesse processo podem comprometer o potencial produtivo da cultura, resultando em plantas desuniformes e com menor rendimento.

Para mensurar esse parâmetro, a literatura utiliza o Índice de Velocidade de Emergência (IVEM), proposto por Maguire (1962). Esse índice atribui maior peso às plântulas que emergem nos primeiros dias, refletindo a velocidade e a uniformidade da emergência. Valores mais elevados indicam sementes de melhor qualidade fisiológica e maior vigor.

Portanto, a avaliação da velocidade de emergência é fundamental em experimentos, pois permite identificar a qualidade das sementes, a eficiência dos mecanismos dosadores e o impacto de fatores como profundidade de plantio, condições de solo e velocidade de operação da semeadora (Nakagawa, 1994; EMBRAPA, 2018).

2.5 Velocidade de plantio

A velocidade de deslocamento da semeadora durante o plantio determina a qualidade da distribuição das sementes no solo. Quando realizada dentro da faixa considerada ideal, o mecanismo dosador consegue posicionar as sementes de forma uniforme, garantindo maior porcentagem de espaçamentos aceitáveis e, conseqüentemente, um melhor estande de plantas. Isso favorece a emergência rápida e homogênea, reduzindo a competição entre plantas e aumentando o potencial produtivo da lavoura (SILVA et al., 2004; SILVA et al., 2015; GARCIA et al., 2011). No entanto, realizar o plantio em velocidades acima da ideal pode comprometer a precisão do dosador, resultando em falhas ou deposição dupla de sementes, gerando desuniformidade e podendo impactar negativamente na produtividade. Em velocidades muito baixas, apesar da maior precisão, há redução da eficiência operacional, elevação dos

custos de produção e menor aproveitamento da janela ideal de plantio (MIALHE, 2012; CORREIA *et al.*, 2016).

Identificar e respeitar a faixa adequada de velocidade de plantio é fundamental para equilibrar qualidade e eficiência, garantindo tanto a uniformidade da distribuição das sementes quanto o rendimento operacional da semeadora (MIALHE, 2012; CORREIA *et al.*, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, localizado na Rodovia Geraldo Silva Nascimento, Km 2,5, Zona Rural, Urutaí-GO (17°27'00" S; 48°12'00" W). O solo da área experimental foi previamente caracterizado conforme metodologia oficial de classificação (EMBRAPA, 2018), sendo identificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, de textura argilosa, com pH próximo da neutralidade, teor médio de matéria orgânica e fertilidade considerada adequada para o cultivo do milho. A área experimental destinada ao cultivo de milho foi utilizada para o estudo (Figura 1).



Figura 1– Área experimental destinada ao cultivo de milho.
Fonte: Autoria própria (2026).

A semeadura foi realizada com uma semeadora-adubadora da marca KF, modelo 5/50A compacta, equipada com cinco linhas espaçadas em 0,5 m. O equipamento foi tracionado por um trator LS, modelo PLUS 90 4x2 TDA, com potência de 90 cv. A operação de semeadura mecanizada foi realizada em campo experimental, conforme ilustrado na Figura 2. Ressalta-se que o presente estudo concentrou-se exclusivamente na etapa de semeadura, não sendo objeto de avaliação o sistema de preparo do solo anterior (plantio direto ou convencional). Essa delimitação metodológica deve ser considerada na interpretação dos resultados, uma vez que

fatores como manejo prévio, irrigação e incidência de chuvas podem influenciar a emergência e a distribuição das plântulas.



Figura 2– Operação de semeadura mecanizada realizada em campo experimental.
Fonte: Autoria própria (2026).

O mecanismo dosador utilizado foi o disco horizontal convencional, composto por discos com 28 alvéolos de 12,00 mm, dispostos em fileira simples. Os discos apresentam 4 mm de espessura, cor laranja claro, modelo Universal, e utilizam a tecnologia RampFlow®. O sistema conta ainda com anel de rebaixo de 8 mm, conforme metodologia descrita por Mialhe (2012). Essa configuração permite a dosagem individual das sementes por gravidade, que são posteriormente conduzidas ao sulco de semeadura por meio de tubo condutor. O disco dosador horizontal utilizado no experimento está representado na Figura 3.



Figura 3 – Disco dosador horizontal com 28 alvéolos em fileira simples.
Fonte: Autoria própria (2026).

A cultivar utilizada foi o AG 8701 PRO 4, semeada em uma população de 2,8 sementes/m, o que corresponde a aproximadamente 56.000 plantas por hectare, com profundidade média de 7 cm. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, considerando duas velocidades de semeadura (4 e 6 km h⁻¹), com três repetições cada. As parcelas experimentais foram constituídas por duas linhas de semeadura espaçadas em 0,5 m, com 15 m de comprimento total, sendo considerados para avaliação apenas os 10 m centrais, desconsiderando as bordaduras.

Para avaliar a emergência, realizou-se monitoramento diário da área após a semeadura, contabilizando o número de plântulas com cotilédones visíveis acima da superfície do solo, conforme metodologia de Nakagawa (1994). O índice de velocidade de emergência (IVE) foi calculado conforme a equação proposta por Maguire (1962), utilizando como base o número de plântulas emergidas por dia em relação ao total de sementes distribuídas.

Equação 1 – Cálculo do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), segundo Maguire (1962).

$$IVE = \sum_{\{i=1\}}^{\{N_i\}} \frac{Ei}{Ni}$$

em que:

- E_i corresponde ao número de plântulas emergidas no dia i ;
- N_i corresponde ao número de dias após a semeadura (DAE).
- n : número total de dias de avaliação.

Para identificar a quantidade de plântulas emergidas em cada dia de avaliação, utilizaram-se abraçadeiras de nylon coloridas, fixadas individualmente nas plantas conforme o dia de emergência. Esse procedimento foi realizado durante três dias consecutivos, empregando uma cor distinta para cada dia, o que permitiu diferenciar visualmente as plântulas emergidas em cada período e garantir maior precisão na contabilização dos dados. A Figura 4 apresenta uma plântula de milho em fase inicial de emergência, identificada com abraçadeiras de nylon coloridas.



Figura 4 – Plântula de milho em fase inicial de emergência, identificada com abraçadeiras de nylon coloridas.

Fonte: Autoria própria (2026).

A distribuição longitudinal das sementes foi avaliada aos dez dias após a semeadura, quando a emergência das plântulas já havia cessado. As medições foram realizadas em 10 m

centrais de cada parcela, utilizando trena de precisão de 0,01 m e classificadas em espaçamentos aceitáveis, falhas e duplas, conforme metodologia descrita por Kurachi *et al.* (1989).

Tabela 1– Classificação do espaçamento entre sementes de milho segundo Kurachi *et al.* (1989).

Classificação	Critério (em relação ao espaçamento teórico)	Intervalo calculado (cm)
Aceitáveis	$0,5 \times \text{EDS} \leq \text{espaçamento} \leq 1,5 \times \text{EDS}$	$18 \text{ cm} < \text{EDS} < 54 \text{ cm}$
Falhas	$\text{Espaçamento} > 1,5 \times \text{EDS}$	$\text{EDS} > 54 \text{ cm}$
Duplas	$\text{Espaçamento} < 0,5 \times \text{EDS}$	$\text{EDS} < 18 \text{ cm}$

Fonte: Autoria própria, (2026).

Conforme a tabela o Espaçamento Desejado entre Sementes (EDS) para milho neste experimento foi de aproximadamente 36 cm, calculado com base na população de 2,8 sementes/m. Foram considerados aceitáveis os espaçamentos entre 18 e 54 cm, falhas os espaçamentos superiores a 54 cm e duplas os espaçamentos inferiores a 18 cm, conforme metodologia descrita por Kurachi *et al.* (1989).

Os resultados foram avaliados quanto à normalidade e submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa R (R Core Team, 2026), utilizando os pacotes ExpDespt e metan. O coeficiente de variação (CV) foi calculado para cada variável analisada, permitindo avaliar a precisão experimental.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Emergência das plântulas

A emergência das plântulas foi monitorada diariamente até o sétimo dia após a semeadura, permitindo calcular o Índice de Velocidade de Emergência (IVE) segundo a metodologia proposta por Maguire (1962). O cálculo do IVE consiste na soma do número de plântulas emergidas a cada dia, dividido pelo respectivo tempo decorrido em dias, resultando em um índice que expressa a rapidez e uniformidade da emergência das sementes.

Tabela 2 – Emergência média das plântulas de milho por dia após a emergência (DAE) e valores do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), em função das velocidades de semeadura (4 e 6 km h⁻¹).

Dia (DAE)	Emergência média – 4 km h⁻¹	Emergência média – 6 km h⁻¹
1º DAE	8,33	5,00
2º DAE	10,67	9,00
3º DAE	9,67	13,67
IVE	16,88	14,06

Fonte: Autoria própria, (2026).

A tabela comparativa evidencia que o número total de plântulas emergidas ao final do período foi semelhante entre as duas velocidades, mas a distribuição temporal foi distinta. Na velocidade de 4 km h⁻¹, observa-se maior concentração de emergência já no 1º e 2º DAE, refletindo em maior índice de velocidade de emergência (IVE = 16,88). Em contrapartida, na velocidade de 6 km h⁻¹, parte significativa das plântulas emergiu apenas no 3º DAE, resultando em menor IVE (14,06). Essa diferença mostra que, embora os totais finais sejam próximos, o ritmo de emergência foi superior na menor velocidade, favorecendo a uniformidade inicial do estande e o vigor das plantas. A emergência das plântulas em diferentes velocidades de semeadura está apresentada na Figura 5.

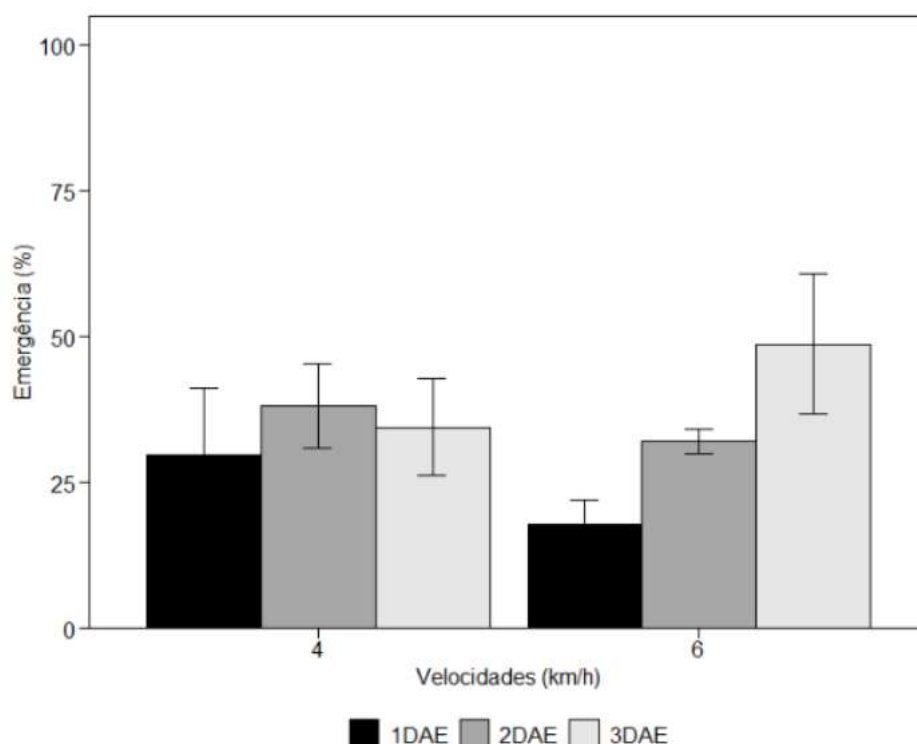


Figura 5 – Emergência (%) das plântulas de milho em diferentes velocidades de semeadura (4 e 6 km h⁻¹) ao longo dos dias após a emergência (DAE).

O gráfico de emergência acumulada reforça que velocidades menores de semeadura favorecem a emergência precoce e uniforme das plântulas, enquanto velocidades mais altas retardam o processo, concentrando maior número de plantas emergidas apenas no 3º DAE. Essa diferença no ritmo de emergência impacta a uniformidade inicial do estande, favorecendo plantas mais vigorosas quando a semeadura é realizada em menor velocidade. Resultados semelhantes foram relatados por Bellé et al. (2016) e Silva et al. (2015), que destacam que velocidades mais baixas favorecem a emergência uniforme e precoce, refletindo em maior vigor inicial. Esses achados estão em consonância com Nakagawa (1994) e Mialhe (2012), que ressaltam a importância da velocidade de semeadura para a qualidade da distribuição e emergência. No entanto, a literatura indica que a média de emergência esperada para o milho em condições adequadas varia entre 85% e 95% (EMBRAPA, 2018; CONAB, 2026). Os valores obtidos neste experimento ficaram abaixo dessa faixa, evidenciando que a semeadura não atingiu o padrão ideal. Esse resultado pode estar relacionado não apenas à regulação da semeadora, às condições de solo e à qualidade fisiológica das sementes, mas também à

disponibilidade hídrica, seja por irrigação ou pela incidência de chuvas no período de estabelecimento da cultura.

4.2 Distribuição longitudinal das sementes

A avaliação da qualidade da distribuição de sementes foi realizada considerando os parâmetros de espaçamentos aceitáveis, falhas, duplas e coeficiente de variação. Os resultados estão apresentados nos Gráficos e demonstram que não houve diferença estatisticamente significativa (NS) entre as velocidades de 4 e 6 km h⁻¹ para todos os parâmetros analisados. A distribuição dos espaçamentos aceitáveis, falhas e duplas em função da velocidade de semeadura pode ser observada na Figura 6.

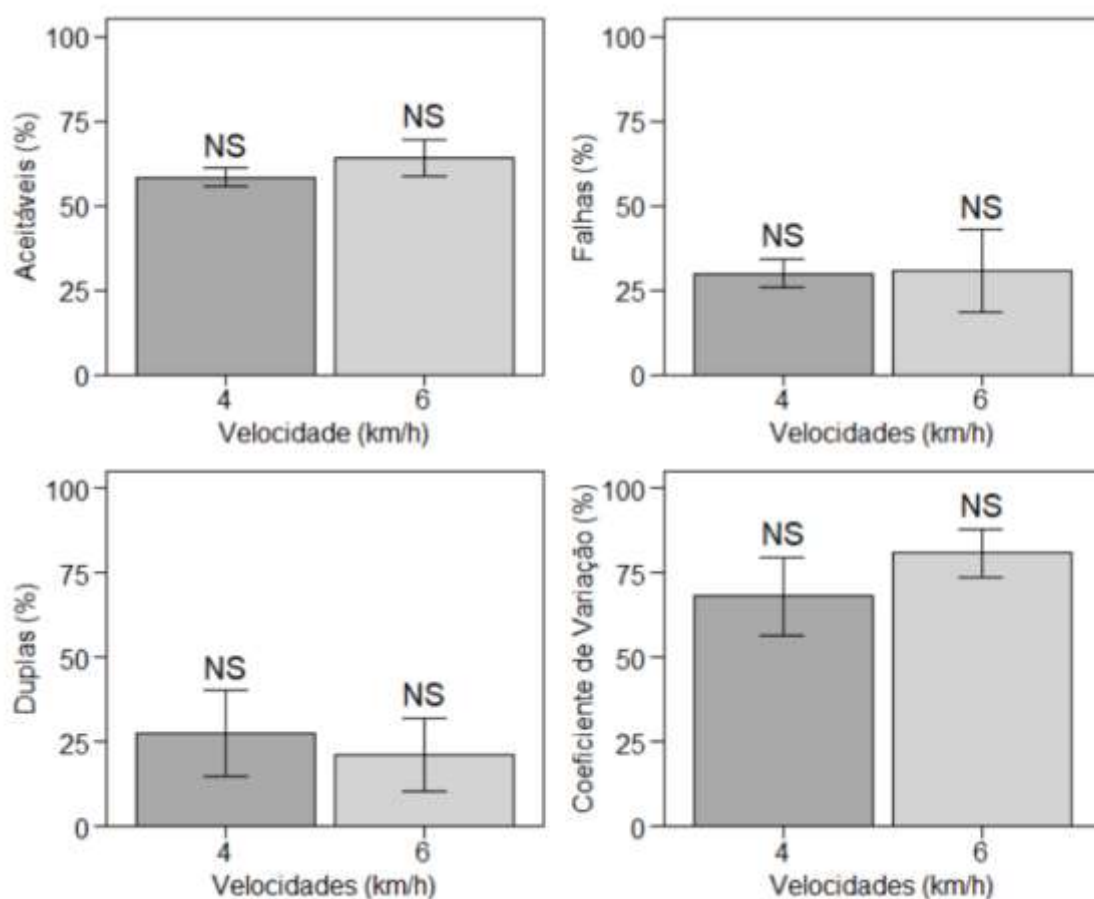


Figura 6 – Distribuição dos espaçamentos aceitáveis, falhas, duplas e coeficiente de variação (%) em função da velocidade de semeadura (4 e 6 km h⁻¹).

A avaliação da qualidade da distribuição das sementes demonstrou que os percentuais de espaçamentos aceitáveis ficaram próximos de 50%, valor bem abaixo do recomendado pela literatura, que indica índices superiores a 85–90% como ideais para garantir uniformidade no estande de plantas (SANTOS et al., 2011; Francetto et al., 2015; Correia et al., 2016). Essa baixa porcentagem pode estar associada não apenas à regulagem do dosador, mas também a fatores como irregularidade no tamanho e formato das sementes, variações na velocidade de deslocamento e condições físicas do solo durante a operação, conforme discutem SILVA *et al.*, (2004) e CORREIA *et al.* (2016). Em relação às falhas, os resultados obtidos (~25%) superaram o limite aceitável de 10% descrito por Mantovani et al. (2015) e Correia et al. (2016), sugerindo perdas significativas de plantas e redução potencial da produtividade. Já os valores de duplas (~25%) também ficaram acima do limite de 10% considerado tolerável, o que pode gerar competição intraespecífica e menor aproveitamento do espaço, conforme apontam Pinheiro Neto *et al.* (2008) e Mello *et al.* (2018). Por fim, o coeficiente de variação apresentou valores próximos de 75%, muito superiores ao limite de 30% considerado aceitável (FERREIRA, 1991; Francetto et al., 2015; Correia et al., 2016), evidenciando elevada variabilidade na distribuição das sementes e destacando a necessidade de regulagem adequada da semeadora e maior atenção às condições operacionais.

Apesar de não terem sido observadas diferenças estatísticas significativas entre as velocidades de semeadura avaliadas (4 e 6 km h⁻¹), os valores absolutos obtidos para os parâmetros de qualidade da distribuição ficaram aquém do recomendado pela literatura. Os espaçamentos aceitáveis apresentaram média próxima de 50%, muito inferior ao intervalo ideal de 85–90% descrito por Santos et al. (2011) e Correia et al. (2016), enquanto as falhas e duplas atingiram cerca de 25%, superando o limite tolerável de 10%. Além disso, o coeficiente de variação aproximou-se de 75%, valor bastante elevado em relação ao máximo de 30% considerado aceitável (Ferreira, 1991). Esses resultados indicam que a velocidade de deslocamento, isoladamente, não é suficiente para garantir precisão na semeadura, sendo necessário considerar fatores como regulagem adequada do dosador, uniformidade das sementes, condições físicas do solo e manutenção preventiva da semeadora. Dessa forma, a baixa qualidade observada na distribuição longitudinal reforça a importância de ajustes técnicos e de manejo para assegurar maior uniformidade no estande de plantas e, consequentemente, maior potencial produtivo da cultura do milho.

4.3 Gargalos cinéticos do dosador horizontal convencional

A Figura 7 apresenta os principais gargalos físicos e cinéticos do dosador horizontal convencional, que ajudam a explicar os valores observados de falhas, duplas e elevado coeficiente de variação. A dependência da gravidade para o alojamento das sementes, a limitação espacial do anel de rebaixo e da espessura do disco, e o elevado coeficiente de variação associado ao arrasto mecânico reforçam que, independentemente da velocidade de deslocamento, o mecanismo apresenta restrições construtivas que comprometem a uniformidade da semeadura.



Figura 7– Representação esquemática dos gargalos cinéticos do dosador horizontal convencional, destacando dependência da gravidade, limitação espacial e elevado coeficiente de variação.

5. CONCLUSÃO

A menor velocidade de semeadura (4 km h^{-1}) favoreceu a emergência mais rápida e uniforme das plântulas, refletindo em maior vigor inicial. Entretanto, os valores de espaçamentos aceitáveis ($\sim 50\%$), falhas ($\sim 25\%$) e duplas ($\sim 25\%$), além do elevado coeficiente de variação ($\sim 75\%$), ficaram abaixo dos padrões recomendados pela literatura. Conclui-se que a velocidade de deslocamento, isoladamente, não garante precisão na distribuição das sementes, sendo indispensável a regulação adequada do dosador, a qualidade das sementes e condições favoráveis de solo para assegurar uniformidade e produtividade.

6. REFERÊNCIAS

AGRAER. Manual de Recomendações Técnicas - Cultura do Milho. Mato Grosso do Sul, 2015.

ANDREOLI, C.; ANDRADE, R. V. de. Efeito do matricondicionamento integrado com controle químico e biológico na emergência de plântulas e na produtividade de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 2, n. 3, p. 132-142, 2003.

BELLÉ, R. et al. Emergência de plântulas de milho em diferentes velocidades de semeadura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 4, p. 345-352, 2016.

SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; CORRÊA, C. F.; FURLANI, C. E. A.; GROTTA, D. C. C. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 24, n. 1, p. 54-62, 2004.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2025/26 – 7º levantamento. Brasília: Conab, 2026. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br>>. Acesso em: abr. 2026.

CORREIA, T. P. S.; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F. G.; DIAS, P. P.; ALMEIDA, S. V. Distribuição longitudinal de sementes de milho em função de discos horizontais com diferentes tecnologias. *Científica, Jaboticabal*, v. 45, n. 1, p. 1-4, 2016.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FERREIRA, D. F. Estatística experimental aplicada à agricultura. Lavras: UFLA, 1991.

FRANCETTO, T. R.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; CORRÊA, C. F. Avaliação de dosadores de sementes em semeadoras-adubadoras. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 35, n. 2, p. 234-245, 2015.

GARCIA, R. F.; VALE, W. G.; OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, É. M.; AMIM, R. T.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma

semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 3, p. 417-422, 2011.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A.; SILVA, J. G.; VIEIRA, R. D. Metodologia para avaliação da distribuição de sementes em semeadoras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 1, p. 123-129, 1989.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MANTOVANI, E. C.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; CORRÊA, C. F. Avaliação da qualidade da semeadura mecanizada de milho. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 101-110, 2015.

MELLO, R.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; CORRÊA, C. F. Avaliação da ocorrência de duplas na semeadura mecanizada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 22, n. 1, p. 45-52, 2018.

MIALHE, L. G. Máquinas agrícolas: fundamentos de projeto e utilização. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 2012.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. *Informativo ABRATES*, Londrina, v. 4, n. 1, p. 11-20, 1994.

PINHEIRO NETO, R.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; CORRÊA, C. F. Ocorrência de duplas na semeadura mecanizada de milho. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 567-574, 2008.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2026.

SANTOS, A. J.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; CORRÊA, C. F. Avaliação da uniformidade de semeadura de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 123-130, 2011.

SILVA, P. R. A.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; CORRÊA, C. F.; SILVA, R. P. Emergência de plântulas de milho em diferentes velocidades de semeadura. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 101-109, 2015.

TOURINO, M. C.; KLINGENSTEINER, R. Avaliação da plantabilidade em semeadoras. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 18, n. 2, p. 145-152, 1983.