



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA SEMEADA EM DIFERENTES
PROFUNDIDADES E CARGAS DE COMPACTAÇÃO DO SULCO DE
SEMEADURA**

WÊNIA PEREIRA EVANGELISTA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA – DF

2025



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA SEMEADA EM
DIFERENTES PROFUNDIDADES E CARGAS DE COMPACTAÇÃO
DO SULCO DE SEMEADURA**

WÊNIA PEREIRA EVANGELISTA

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA – DF

2025

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA SOJA SEMEADA EM DIFERENTES
PROFUNDIDADES E CARGAS DE COMPACTAÇÃO DO SULCO DE
SEMEADURA**

WÊNIA PEREIRA EVANGELISTA

DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Brasília - UnB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

APROVADA POR:

Orientador: **Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia** – Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária/Universidade de Brasília – UnB, tiagocorreia@unb.br

Avaliador interno: **Prof. Dr. Francisco Faggion** – Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária/Universidade de Brasília, faggion@unb.br

Avaliador externo: **Prof. Dr. Arthur Gabriel Caldas Lopes** – Escola de Agronomia/Universidade Federal de Goiás, arthurlopes@ufg.br

BRASÍLIA - DF

2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos, resiliência e proteção imensuráveis ao longo do caminho.

À minha família, por ser meu porto seguro, por me ensinar o valor do conhecimento e por tornar qualquer fardo mais leve.

Aos meus pais, Virginia de Melo Evangelista e Domingos Pereira Evangelista, agradeço pelo apoio, orações e incentivo em todas as fases da minha vida; e a cada um dos meus irmãos, pelo amor, companheirismo e conversas valiosas. Agradeço por serem as pessoas mais especiais que tive o prazer de conhecer.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia, pela oportunidade concedida, orientação e ensinamentos durante a realização deste trabalho.

Aos professores Dr. Francisco Faggion e Dr. Arthur Gabriel Caldas Lopes, por aceitarem o convite para compor a banca examinadora e por suas valiosas contribuições e comentários, que aprimoraram significativamente este trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa e aos membros do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Universidade de Brasília (LAMAGRI/UnB), por todo auxílio e dedicação. Um agradecimento especial a Kawanne Neves de Souza, pelo trabalho duro e pela amizade ao longo do processo.

À Nathalya da Silva Soares (in memoriam), por ter sido uma amiga tão querida e ter ajudado a plantar em minha vida o amor pela ciência.

Aos meus amigos, por todas as palavras de carinho e conforto. Em especial, agradeço às minhas amigas de longa data e colegas de pesquisa, Priscila Brelaz da Silva e Samara Dias Rocha Ramos, pelas horas de estudo em conjunto e por toda motivação.

À Maia, minha companhia canina mais fiel e constante em todas as horas de pesquisa e escrita deste trabalho.

Por fim, a todos que, de alguma forma, tornaram possível essa conquista, minha eterna gratidão!

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de grãos de soja, com a semeadura da cultura sendo realizada majoritariamente de forma mecanizada, demandando contínua realização de pesquisas e busca por conhecimento técnico sobre a operação e sobre máquinas semeadoras, fatores diretamente relacionados ao desempenho agrônomo da cultura. O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da profundidade de semeadura e cargas aplicadas pelas rodas compactadoras de sulco no desempenho agrônomo da soja. O experimento foi realizado em Sistema Plantio Direto durante o ano agrícola 2023/2024, na Fazenda Água Limpa (FAL/UnB), pertencente à Universidade de Brasília. As sementes de soja utilizadas foram da cultivar TMG 7062 IPRO, semeadas na densidade de 16 sementes m^{-1} e espaçamento entre linhas de 0,5 m com semeadora-adubadora de precisão modelo JM 3060PD a 1,38 $m s^{-1}$. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 x 4, composto pelos fatores profundidade de semeadura (4,5; 6,6; 8,0 e 9,5 cm) e cargas aplicadas pelas rodas cobridoras e compactadoras de sulco de semeadura (92, 126, 273 e 383 N), com três repetições por tratamento. As variáveis avaliadas foram, índice de velocidade de emergência, distribuição longitudinal de plantas, população inicial e final e altura de plantas, diâmetro da haste, número de nós, números de vagens, altura de inserção da primeira vagem e produtividade de grãos de soja. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de normalidade, sendo que, quando constatada diferença, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o software estatístico AgroEstat. Os resultados evidenciaram que a semeadura realizada nas maiores profundidades resultou em menores índices de velocidade de emergência e prejudicou o estabelecimento da cultura a campo. As cargas avaliadas apresentaram atuação acentuada nos tratamentos combinados à semeadura a 4,5 cm. A diminuição da densidade de plantas ocasionada pelas falhas no estabelecimento da cultura nas maiores profundidades e cargas aplicadas pelas rodas compactadoras resultou em maiores produtividades, alturas, diâmetros de haste, números de ramos e número de vagens de plantas. O maior rendimento produtivo foi observado no tratamento semeado a 9,5 cm e 126 N.

Palavras-chave: compactação do sulco, profundidade de semeadura, plantabilidade.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of soybean grains, with the crop predominantly established through mechanized seeding operations. This context underscores the need for continuous research and technical advancement regarding the operation and configuration of seeders, given that these elements are directly linked to the crop's agronomic performance. The aim of this research is to evaluate the effects of seed deposition depth and seed furrow closing wheels pressure applied by a seeder-fertilizer on the agronomic development of soybean crops. The experiment was carried out under a no-tillage system during the 2023/2024 crop year at Fazenda Água Limpa (FAL/UnB). The soybean seeds used were TMG 7062 IPRO cultivar, sown at a density of 16 seeds m⁻¹ with an inter-row spacing of 0.5 m, using a Jumil[®] precision planter-fertilizer model JM 3060PD operating at 1.38 m s⁻¹. A completely randomized design arranged in a 4 × 4 factorial scheme was used, with the factors being seeding depth (4.5, 6.6, 8 and 9.5 cm) and loads applied by the press wheels on the seed furrow (92, 126, 273 and 383 N), with three replicates per treatment. The evaluated variables included emergence speed index, plant longitudinal distribution, initial and final plant population, plant height, stem diameter, number of nodes, number of pods, height of first pod insertion, and grain yield. Data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and normality test, and when statistical differences were detected, means were compared by Tukey's test at 5% significance level, using the AgroEstat statistical software. The results showed that sowing at greater depths resulted in lower emergence speed indices and impaired crop establishment in the field. The applied loads had a stronger effect when combined with the 4.5 cm seeding depth. The reduction in plant density due to failures in crop establishment at greater sowing depths and the applied loads of the press wheels resulted in higher yield, plant height, stem diameter, number of branches, and number of pods per plant. The highest crop yield was observed in the treatment sown at 9.5 cm and 126 N.

Keywords: furrow compaction, seeding depth, plantability.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVO GERAL	10
1.2	Objetivos Específicos.....	10
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1.	Cultura da Soja	11
2.2.	Plantabilidade e Semeadura Mecanizada	12
2.3.	Profundidade de Deposição e Fechamento do Sulco de Semeadura	15
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1	Campo Experimental	19
3.2	Delineamento Experimental.....	20
3.3	Máquinas Agrícolas.....	22
3.4	Insumos Utilizados	23
3.5	Variáveis de Características Agronômicas	23
3.6	Variáveis de Componentes de Produtividade.....	24
3.7	Análise Estatística	25
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
5.	CONCLUSÃO	39
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de grãos de soja, sendo essa posição relevante econômica e socialmente não só para o país, mas também para o mercado global de *comodities* agrícolas. Até a última safra de 2023/2024, a produtividade média de grãos da cultura foi de aproximadamente 3.202 kg ha⁻¹, considerada satisfatória para o cenário climático desafiador vivenciado nas principais regiões produtoras do país. Contudo, estima-se que seja possível obter resultados mais promissores, sobretudo a partir de pesquisas e inovações, além de trabalhos de extensão para melhorar a compreensão e o aperfeiçoamento de fatores como a plantabilidade, a fim de auxiliar na obtenção desta meta.

Embora o sistema de produção de soja possa ser considerado tecnicamente maduro e tecnologicamente evoluído, gargalos na operação de semeadura ainda são perceptíveis e comumente vivenciados a campo, demandando pesquisas e geração de informações que minimizem falhas e otimize o uso de insumos.

Diversos aspectos devem ser observados para obtenção de uma semeadura mais assertiva e com melhores resultados, iniciando com adequações operacionais em função do tipo e sistema de preparo do solo, qualidade das sementes e dos fertilizantes, e conservação, manutenção e regulagens da semeadora-adubadora. Neste contexto a profundidade de deposição das sementes e o fechamento do sulco de semeadura podem influenciar o estabelecimento e desenvolvimento da cultura, desde a emergência das plântulas até a produtividade de grãos.

Mediante a importância da operação de semeadura dentro do sistema de produção, o presente trabalho teve como finalidade experimental obter dados e informações em condições de campo que possam quantificar e qualificar a influência da profundidade de deposição de sementes e cargas aplicadas pelas rodas compactadoras de sulco de semeadura para o desempenho agrônomo da cultura.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da profundidade de semeadura e cargas aplicadas pelas rodas compactadoras de sulco no desempenho agrônômico da soja.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Quantificar as variáveis de plantabilidade, tais como: distribuição longitudinal de plantas, velocidade de emergência e estande inicial de plântulas e final de plantas;
- II. Caracterizar o desempenho agrônômico da soja, avaliando: altura de plantas, diâmetro da haste, número de nós por planta, número de vagens por planta, altura de inserção da primeira vagem e produtividade de grãos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da Soja

Muitos fatores contribuíram para o estabelecimento da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) como principal cultura granífera no Brasil, dentre eles o melhoramento genético para adaptação às condições edafoclimáticas nas diversas regiões do país, fomento público para incentivos à produção, extensão territorial e topografia favoráveis à mecanização, demanda mercadológica internacional, demanda industrial para produção de biocombustíveis, químicos e farmacêuticos, e demanda para produção de proteína animal, sendo base alimentar importante de suínos, bovinos e aves (GAZZONI e DALL'AGNOL, 2018).

A relevância da cultura se deve também à sua plasticidade, isto é, à sua capacidade de compensar variações no estande e arranjo de plantas, ajustando seu crescimento e desenvolvimento de acordo com as condições fornecidas pelo ambiente. A escolha de sementes altamente tecnológicas e livres de patógenos, aplicação dos conhecimentos técnicos a campo e a operação eficiente do maquinário garantem a germinação uniforme, favorecem o estabelecimento inicial da cultura e reduzem falhas na distribuição. Bohn (2023) destaca que o adensamento de plantas é fator determinante para o cultivo, pois cada cultivar apresenta características e adaptabilidade diferentes. Dessa forma, a combinação entre escolha da cultivar, estande adequado e a plasticidade da soja, mesmo diante de desafios no campo, proporciona maior estabilidade produtiva em diferentes regiões do país.

Em 2024, o denominado complexo soja compreendido, sobretudo, pelos produtos grãos *in natura*, farelo e óleo, foi o principal produto exportado do agronegócio brasileiro, correspondendo a 32,8% de participação, e com receita calculada pelos dados da balança comercial do agronegócio brasileiro de dezembro de 53,9 bilhões de dólares (BRASIL, 2024). Conforme dados do décimo segundo levantamento do Boletim da Safra de Grãos 2023/2024 (CONAB, 2024), a produção de grãos de soja foi estimada em 147,38 milhões de toneladas, cultivada em aproximados 46.029,8 milhões de hectares com produtividade média estimada de 3.202 kg ha⁻¹ de grãos.

Os expressivos números da soja no Brasil são reflexo de uma estruturada cadeia de produção e mercado, e cujo crescimento contínuo é potencializado por novas tecnologias inseridas ao sistema de produção, dentre elas máquinas e equipamentos aperfeiçoados para

operações desde o preparo do solo, semeadura, pulverizações, colheita até transporte (HIRAKURI e LAZZAROTTO, 2014).

Além dos avanços mecânicos, a adoção de práticas de agricultura conservacionista, como o Sistema de cultivo Plantio Direto, a rotação, consorciação e sucessão de culturas, o uso de cobertura vegetal permanente e o manejo integrado, têm contribuído significativamente para a sustentabilidade do cultivo, o que garante maior eficiência e rentabilidade ao produtor rural, ao mesmo tempo em que favorece o estabelecimento de sistemas agrícolas mais resilientes (LOBATO, 2019).

2.2 Plantabilidade e Semeadura Mecanizada

De acordo com Alonço et al. (2018), a qualidade da operação de semeadura influencia diretamente o desenvolvimento e a produtividade das lavouras, dentre elas a de soja. Nesse contexto, a semeadura tem sido objeto contínuo de pesquisas e inovações visando aprimorar sua plantabilidade. De acordo com diversos autores, entre eles Silva et al. (2015), Conte (2018), Dias et al. (2020), Marques filho et al. (2020), Matos et al. (2021) e Lopes et al. (2024), o termo “Plantabilidade” é sucintamente definido como a distribuição longitudinal uniforme e em profundidade adequada das sementes e fertilizantes ao longo do sulco de semeadura, para obtenção da população desejada de plantas por hectare. Segundo os autores a plantabilidade deve ser ajustada pelo produtor antes e durante a operação de semeadura, a fim de mitigar distribuições falhas, duplas e emergência desuniforme de plântulas.

DeVall (2023) define o termo como a capacidade da semente, seja essa tratada ou não, fluir através do maquinário sem acúmulo, permitindo semeadura uniforme e consistente. Deste modo, com a semeadora-adubadora exercendo papel fundamental para boa expressão da plantabilidade, Seixas et al. (2020) destacam a necessidade de calibração e manutenção dos mecanismos dosadores de sementes e fertilizantes, sistemas de controle de profundidade e compactadores de sulco para a implantação uniforme da lavoura.

A semeadura, segundo Portella (1997) foi uma das primeiras operações agrícolas a ser mecanizada por meio do uso de máquinas específicas denominadas semeadoras ou semeadoras-adubadoras. Desde então, as semeadoras têm evoluído continuamente com a finalidade de melhorar o rendimento operacional e se adequarem ao novo sistema de cultivo Plantio Direto. Foram incorporados mecanismos mais eficientes e adaptados, capazes de armazenar sementes e adubo para suprir os mecanismos dosadores; liberar as sementes com exatidão até os órgãos

de descarga e distribuição; e distribuir as sementes no solo com precisão. Além disso, as semeadoras passaram a desempenhar funções complementares, como o preparo do leito de semeadura, a cobertura e o adensamento do solo ao redor da semente. Para que todas essas funções sejam realizadas, há componentes que desempenham diferentes papéis: reservatórios, transmissores, condutores, mecanismos dosadores, sulcadores, controladores de profundidade, cobridores e compactadores de sulco, marcadores de linha e rodados (MIALHE, 2012).

No contexto do Plantio Direto, as semeadoras evoluíram ainda ao adaptar mecanismos com capacidade de corte de resíduos culturais. São discos de corte, hastes e sulcadores do tipo enxada. Cada tipo de sulcador apresenta variações nas exigências de força e tração bem como na capacidade de corte de palhada, tornando a escolha do mecanismo um fator determinante para o manejo eficiente dos resíduos culturais (MADHUSUDAN et al., 2024).

Considerando essa diversidade de mecanismos e finalidades, as semeadoras-adubadoras podem ser classificadas segundo critério normativos e funcionais. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), as máquinas semeadoras-adubadoras são classificadas em de fluxo contínuo ou precisão, em que dosam e distribuem sementes miúdas (arroz, aveia, trigo, canola) e graúdas (soja, milho, feijão, algodão, girassol), respectivamente.

Correia et al. (2015) definem as semeadoras de fluxo contínuo pela capacidade de dosar e distribuir um filete contínuo, uma massa definida de sementes por metro linear, predominantemente em g m^{-1} , e em espaçamento entre linhas reduzido, inferior a 40 cm, de acordo com recomendações agronômicas. Enquanto as semeadoras de precisão são caracterizadas pelos autores pela capacidade de dosar e distribuir as sementes de forma individualizada ao longo do sulco de semeadura, uma a uma longitudinalmente.

Caracterizando semeadoras de precisão, Dias et al. (2014) descrevem que são predominantemente equipadas com dosadores de disco alveolado horizontal ou dosadores pneumáticos. A esses mecanismos dá-se o nome popular de “dosadores mecânicos” e “dosadores a vácuo”, respectivamente. Descritos por Mialhe (2012), os dosadores de disco horizontal são constituídos por um disco ou coroa circular provido de alvéolos (furos) em sua superfície, que fica exposta à coluna de sementes coletando-as uma a uma do reservatório quando realizam movimentos de rotação. Nesse tipo de dosador o reservatório de sementes é acoplado sobre o próprio mecanismo de disco horizontal, acionado através do movimento de

transmissão. Quando o disco gira, os alvéolos captam as sementes e as conduzem até os tubos condutores de saída, que deslocam as sementes em queda livre até o sulco de semeadura.

Diferentemente, segundo Silva et al. (2021), os mecanismos dosadores pneumáticos dosam as sementes por meio da retenção destas sobre os alvéolos do disco, normalmente vertical, devido à diferença de pressão de ar na superfície rotativa. Segundo Mialhe (2012), esse fluxo de ar é gerado por uma turbina acionada pela tomada de potência ou motores elétrico-hidráulicos, que succiona individualmente as sementes contra os alvéolos do disco, liberando-as quando o vácuo é neutralizado para que sejam conduzidas até o sulco de semeadura. O autor também destaca que, embora as semeadoras de precisão possam utilizar dosadores do tipo dedos prensores, esse modelo é pouco adotado no Brasil devido às maiores dificuldades de regulagem e reposição de componentes. Por outro lado, os dosadores pneumáticos são os mais comercializados e predominam em máquinas de grande porte.

Faria (2021) ressalta que, independentemente do tipo de dosador utilizado na semeadora de precisão, é essencial que a dosagem e a distribuição das sementes visem reduzir ao máximo a ocorrência de falhas e a deposição dupla. Segundo a norma técnica da ABNT (1994), a avaliação da distribuição é feita por meio do coeficiente de variação dos espaçamentos longitudinais das sementes, onde considera-se falha a deposição com variação 1,5 vez superior ao espaçamento ideal e dupla ou múltipla aquela com variação 0,5 menor que o espaçamento esperado. Na prática, se a densidade ideal for de 10 plantas por metro linear, espera-se que cada planta esteja a 10 cm da seguinte. Caso o espaçamento atinja 15 cm ou mais, caracteriza-se uma falha, se essa distância for de 5 cm ou menos, tem-se uma dupla (VOORSLUYS; INGLÊS DE LARA; WAURECK, 2023).

A eficiência do processo de semeadura depende, também, de outros componentes da semeadora-adubadora, como os mecanismos sulcadores, responsáveis pela abertura do sulco de semeadura para a deposição de sementes e adubo. Palma et al. (2020), apontam que as semeadoras podem ser equipadas com sulcadores do tipo haste sulcadora ou disco duplo. Lopes et al (2023) descrevem que os mecanismos sulcadores com disco do tipo duplo desencontrado descompactam pouco o solo e realizam a deposição do fertilizante em profundidade superficial, promovendo o revolvimento mínimo do solo com menor demanda de esforço horizontal de tração quando comparado às hastes sulcadoras, estas são propícias ao preparo localizado e descompactação superficial do sulco de semeadura em até 15 cm de profundidade, isto faz com

que o equipamento exija maior força de tração horizontal e menor força vertical para penetração e rompimento do solo.

Essa diferença na ação dos sulcadores ressalta a importância da profundidade de semeadura, que exerce influência direta sobre a germinação e emergência das plantas, sendo fundamental assegurar uniformidade na operação. Essa função é realizada pelos limitadores de profundidade, construídos por duas rodas acopladas à linha de semeadura, cuja regulagem é efetuada por alavancas e manoplas, enquanto um sistema pantográfico adapta-se às irregularidades do terreno (REIS e VIEIRA, 2011; SENAR, 2017).

Nesse contexto, após a abertura do solo e a deposição das sementes, outro componente fundamental para garantir a eficiência da semeadura é o mecanismo de fechamento de sulco. Silva et al. (2008) salientam que rodas compactadoras são projetadas com duas rodas para o fechamento e compactação lateral do sulco, promovendo a expulsão do ar e aumento do contato entre solo e semente. As rodas compactadoras em “V” possuem duas alavancas com molas localizadas no final da linha de semeadura. A primeira alavanca ajusta a abertura e o fechamento do ângulo entre rodas, o que determina a quantidade de solo depositado sobre o sulco de semeadura, e a segunda tem função de ajustar a pressão da roda no fechamento lateral do sulco (SENAR, 2017).

2.3 Profundidade de Deposição e Fechamento do Sulco de Semeadura

De acordo com Bottega et al. (2014), Silva et al. (2015), Faria (2021) e outras fontes publicadas na literatura especializada, a manutenção da profundidade de deposição das sementes e fechamento de sulco na operação de semeadura são determinantes para propiciar condições favoráveis à germinação e emergência e vigor das plântulas. Estes fatores são os que mais interferem na produtividade das culturas, de modo que a profundidade na qual a operação é realizada determina os teores de água, nitrogênio e oxigênio no solo para a germinação e sobrevivência inicial das plântulas.

Assim sendo, Aisenberg et al. (2014), ao avaliarem o desenvolvimento inicial da cultura da soja semeada em profundidades de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 cm, constataram que as profundidades de 1,5 e 3,0 cm proporcionaram ambiente mais favorável para emergência e expressão do vigor das plântulas e crescimento inicial das plantas. Comparativamente, na maior profundidade estudada, 6,0 cm, a emergência de plântulas reduziu 12%, resultado relacionado pelos autores

ao esgotamento da reserva energética dos cotilédones usada para o rompimento da camada mais espessa de solo e à alocação inadequada de carbono disponível para as sementes. Estes autores evidenciaram, também, que o aumento da profundidade ocasionou redução da área foliar das plantas e afetou negativamente seu crescimento inicial.

Dias et al. (2020) pesquisaram como os fatores profundidade e diferentes épocas de semeadura influenciam na emergência e sobrevivência de plantas de soja, e verificaram que, em profundidade de 8 cm, aliada com menor precipitação, a perda de estande inicial de plantas foi de 13%, destacando não somente a profundidade excessiva, mas também a baixa disponibilidade hídrica do solo como fatores limitantes à plantabilidade.

Balestrin et al. (2022) avaliaram o efeito do tratamento de sementes (testemunha, inseticida, fungicida e inseticida + fungicida) e profundidades de semeadura (2, 5 e 10 cm) na emergência de soja, e observaram que em relação a profundidade de semeadura, o maior percentual de emergência, 89,4%, foi obtido na profundidade de 5 cm em comparação à 72,5% para 2 cm e 78,4 % para 10 cm. Já quanto ao tratamento de sementes aliado à profundidade, o uso de fungicida + inseticida a 5 cm de profundidade atingiu porcentagem de emergência de 98,7%, comparativamente a 77,5% a 2 cm e 83,7 a 10 cm.

Dias (2017), em testes com a cultura da soja semeada em 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22 sementes por metro e a 2, 5 e 8 cm de profundidade em duas safras (2015/16 e 2016/17), observou que falhas na densidade de semeadura têm maior impacto prejudicial na produtividade da cultura do que o excesso de sementes, onde a semeadura realizada com densidade abaixo da recomendada, menos de 16 sementes m^{-1} , pode diminuir a porcentagem de produtividade em até 17%, enquanto densidades maiores podem gerar ganhos de até 24%. O estudo também constatou que, quanto à profundidade, o melhor desempenho ocorre com sementes a 5 cm do solo, sementes depositadas mais profundamente, a 8 cm, apresentam leve redução de 2%, enquanto aquelas muito rasas, a 2 cm, podem apresentar decréscimo de até 12%.

Esses estudos enfatizam a complexidade e a importância da escolha precisa da profundidade de semeadura para otimizar o estabelecimento inicial e a produtividade das culturas agrícolas, sublinhando a necessidade de considerar múltiplos fatores agrônômicos e ambientais na tomada de decisão.

Além da profundidade de deposição das sementes, outro fator que pode influenciar o estabelecimento das lavouras é o fechamento e compactação do sulco de semeadura. Dugato e

Palma (2018) pesquisaram a influência das pressões 176 e 372 N e dos ângulos 0 e 15° da roda compactadora na emergência para cultivos em Latossolo Vermelho Argiloso e verificaram que as configurações de pressão e ângulos não interferiram no índice de velocidade de emergência e na população de plantas. Porém, o ângulo de abertura de 15° resultou em um perfil com maior acúmulo de solo no centro da linha de semeadura. Apesar de não terem observado diferenças significativas, os autores destacam que o uso de rodas compactadoras é fundamental para garantir o contato adequado entre o solo e a semente. A ausência dessa compactação pode comprometer a emergência das plântulas em cenários de déficit hídrico.

Silva et al. (2008) avaliaram a influência de três modelos de rodas compactadoras (duplo-angulada, convexa larga e dupla com nervura simples em “V”), em três profundidades de semeadura (3, 5 e 7 cm) com três níveis de carga sobre a roda compactadora (50, 100 e 150 N) sob as variáveis temperatura e teor de água do solo durante a germinação. Esses autores observaram que o nível de carga sobre a roda compactadora não afetou os parâmetros estudados, entretanto, as sementes em profundidade de 3 cm tiveram contato com temperaturas mais altas do solo, chegando a 29,03 °C. Correlacionando temperatura média do solo com tipo de roda compactadora, os resultados mostram que o modelo convexa larga apresentou maiores valores, 28,97 °C, em comparação com 28,46 °C da roda duplo-angulada, e 28,65 °C da roda convexa larga e dupla com nervura simples em “V”. Segundo os autores os resultados podem ser compreendidos pela geometria da roda, visto que rodas convexas exercem pressão de forma mais direta sobre a linha de semeadura.

Em trabalho realizado por Siqueira et al. (2024) sobre a plantabilidade da soja considerando dois tipos de preparo do solo (plantio direto e convencional), duas velocidades de semeadura (3,42 e 6,82 km h⁻¹) e três níveis de pressão no fechamento do sulco (12,57; 14,94 e 16,52 Kgf). No preparo convencional, a profundidade de semeadura foi maior (4,59 cm) que no plantio direto (4,20 cm), devido ao revolvimento do solo. A maior produtividade (4.930,29 kg ha⁻¹) ocorreu a 6,82 km h⁻¹, mas com mais falhas no estande, com média de espaçamento entre plantas de 11,87 cm, enquanto a semeadura realizada a 3,42 km h⁻¹, apesar de apresentar menos falhas de distribuição, espaçamento médio entre plantas de 10,96 cm, resultou em menor produtividade (4.215,65 kg ha⁻¹). A menor pressão da roda compactadora (12,57 Kgf) resultou em maior produtividade (4.923,72 kg ha⁻¹) em comparação à maior pressão (16,52 Kgf), que reduziu para 4.529,33 kg ha⁻¹. Os autores concluíram que a velocidade de semeadura interfere

na distribuição das sementes e que o preparo do solo afeta o espaçamento na linha e a profundidade de deposição.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Campo Experimental

O experimento foi realizado durante o ano agrícola 2023/2024, em campo experimental da Fazenda Água Limpa (FAL/UnB), situada em Brasília-DF, pertencente à Universidade de Brasília. A área utilizada localiza-se sobre as coordenadas $15^{\circ} 57' 12.0''$ S e $47^{\circ} 55' 57.6''$ W (Figura 1), cujo histórico de cultivo dos últimos sete anos é de sucessão das culturas soja, milho e sorgo em Sistema Plantio Direto.



Figura 1. Área experimental (Google Earth, 2024).

O solo da área experimental, classificado por Rodolfo et al. (2015), é Latossolo Vermelho-Amarelo. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é o Aw, caracterizado por apresentar estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e estação seca no inverno, entre maio e outubro.

As condições climatológicas durante o experimento em campo foram obtidas através de dados coletados pela estação meteorológica da FAL/UnB, cuja pluviometria e temperaturas constam na Figura 2.

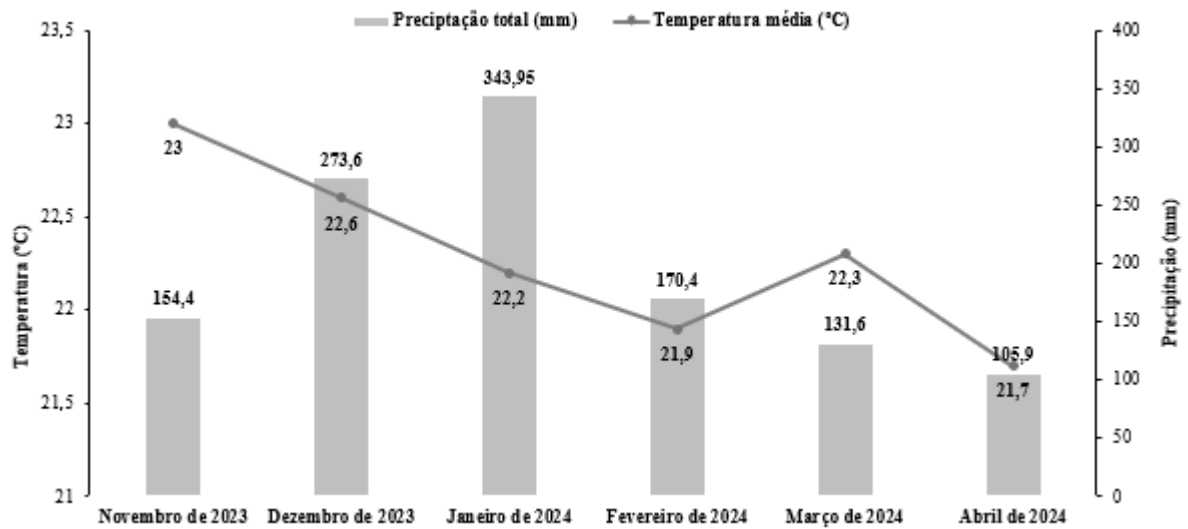


Figura 2. Temperaturas médias e pluviometria no período do experimento em campo.

3.2 Delineamento Experimental

O experimento foi realizado no sistema de cultivo Plantio Direto, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 4x4 com três repetições por tratamento, constituídos pelos fatores profundidade de semeadura (4,5; 6,6; 8,0 e 9,5 cm) e cargas aplicadas pelas rodas compactadoras sobre o sulco de semeadura (92, 126, 273 e 383 N), totalizando 48 parcelas experimentais.

As profundidades de semeadura e cargas aplicadas pelas rodas compactadoras foram definidas de acordo com regulagens disponíveis na semeadora-adubadora utilizada. As profundidades foram obtidas medindo-se a distância entre as sementes depositadas no sulco e a superfície do solo, para quatro regulagens escalonadas das bandas limitadoras da máquina (posições A1, A2, A3 e A4), conforme as Figura 3 e 4.



Figura 3. Medição da profundidade de deposição das sementes (SOUZA, 2024).

As cargas aplicadas pelas rodas compactadoras foram determinadas suspendendo-as com um guincho hidráulico e uma balança digital de precisão 0,001 kg, em quatro regulagens escalonadas do mecanismo compactador (posições B1, B2, B3 e B4), conforme as Figuras 4 e 5. O método foi adaptado de metodologias propostas por Silva et al. (2005) e Modolo (2006).

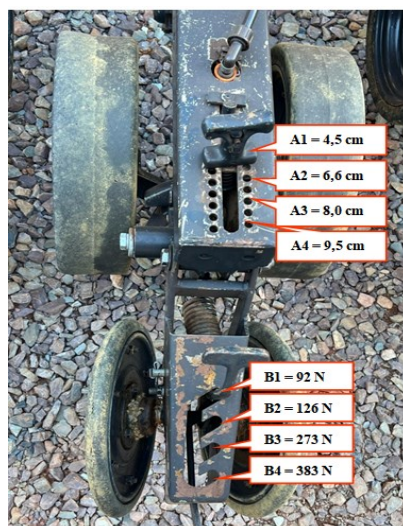


Figura 4. Regulagens do mecanismo sulcador de sementes (A) e das rodas compactadoras do sulco (B).

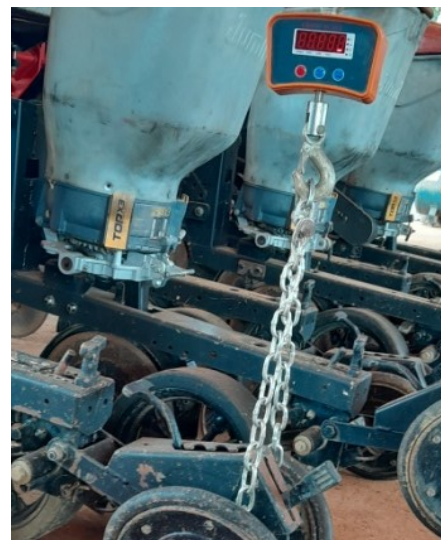


Figura 5. Determinação da carga aplicada pela roda compactadora.

As parcelas experimentais foram dimensionadas com cinco metros de comprimento e 1,5 m de largura cada, conforme ilustra o croqui da Figura 6.

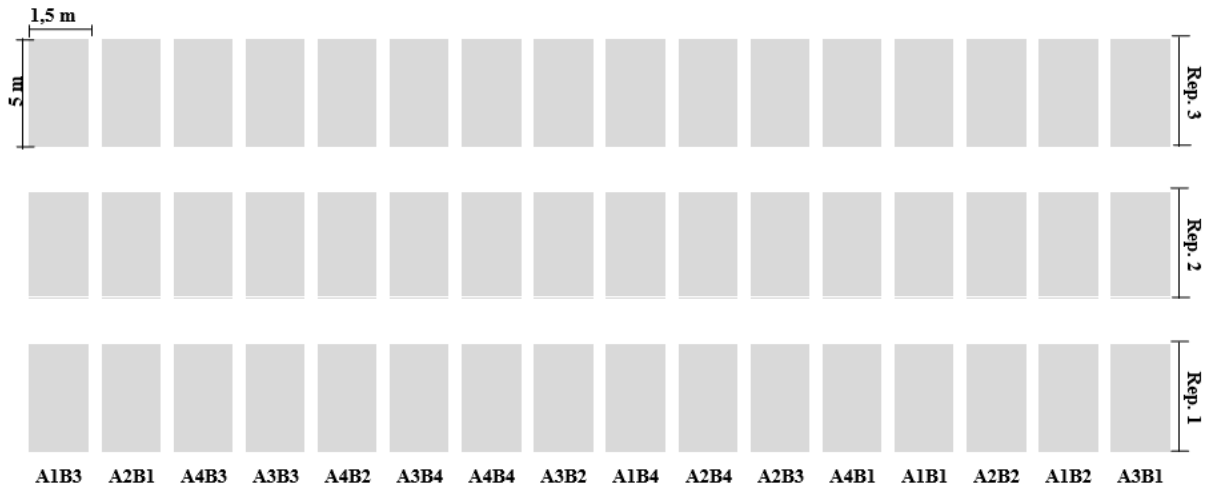


Figura 6. Croqui experimental.

3.3 Máquinas e Implementos Agrícolas

Foi utilizada uma semeadora-adubadora de precisão marca Jumil, modelo JM 3060PD, configurada com sete linhas pantográficas espaçadas em 0,5 m, discos de corte de palha lisos com 20" x 5 mm, mecanismos sulcadores para deposição de adubo e sementes do tipo disco duplo desencontrados, mecanismos dosadores de sementes do tipo disco horizontal da marca TOPlanting® (modelo TopX3®), mecanismos dosadores de fertilizantes do tipo rosca helicoidal com passo de 1" (marca FertiSystem), depósito de fertilizantes com capacidade de 740 L, depósitos de sementes com capacidade para até 55 L cada, peso líquido vazia de 3.070 kg, rodados com pneus 650-16 e pressão de insuflagem 60 psi. A semeadora-adubadora foi tracionada por um trator agrícola marca New Holland, modelo TM7020, 4x2TDA, com 111,11 kW (149 cv) de potência no motor, a uma velocidade de 1,38 m s⁻¹.

Aplicações de defensivos agrícolas para o controle de plantas daninhas, pragas e doenças foram realizadas utilizando um pulverizador de barras marca Jacto, modelo Falcon AM14 Vortex, equipado com pontas de pulverização Teejet® espaçadas em 0,5 m, tipo jato plano, modelo XR 11002 e tipo cone vazio modelo TXR8004VK. As pulverizações foram realizadas em velocidade operacional de 1,66 m s⁻¹, sendo o pulverizador tracionado por um trator agrícola modelo TL85E, 4 x 2 TDA, com 65,62 kW (88 cv) de potência no motor.

3.4 Insumos Utilizados

As sementes de soja utilizadas foram da cultivar TMG 7062 IPRO, tecnologia Intacta RR2 PRO™, grupo de maturação 6.9 no cerrado, ciclo de 95 a 100 dias na região leste de Goiás, crescimento semi-determinado, floração branca, hilo marrom, peso de mil sementes 200 g, média a alta exigência de fertilidade, moderada resistência a acamamento, moderada resistência a oídio e podridão radicular de fitóftora, resistente a cancro da haste, ferrugem asiática, mancha “olho de rã” e pústula bacteriana. Foi adotada a densidade de semeadura de 16 sementes m⁻¹ e espaçamento entre linhas de 50 cm.

A adubação de base foi realizada via sulco de semeadura utilizando 400 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado NPK 04-30-16, baseada em resultados de análise química do solo e recomendação agrônômica proposta por Sousa e Lobato (2004).

As sementes foram tratadas com fungicida Vitavax Thiram® (200 g L⁻¹ de Carboxina + 200 g L⁻¹ de Tiram) na dosagem de 0,4 L para 100 kg de sementes. Foi realizada inoculação biológica com *Bradyrhizobium japonicum* SEMIA 5079 e 5080, na dosagem de 50 ml para 50 kg de sementes do inoculante comercial Bioma Brady® (7,2x10⁹ células viáveis ml⁻¹).

Quanto ao manejo de plantas daninhas, pragas e doenças durante o ciclo da cultura, foram utilizados o herbicida Glifosato na dosagem 2,5 L ha⁻¹, inseticida Keshet 25 EC (Deltametrina 25 g L⁻¹) na dosagem 0,4 L ha⁻¹ e fungicida Fox Supra (Impirfluxam 120 g L⁻¹ + Protioconazol 240 g L⁻¹) na dosagem 0,35 L ha⁻¹. As aplicações foram realizadas conforme demandas agrônômicas identificadas a campo, sendo sempre utilizado o volume de aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda.

3.5 Variáveis de Características Agronômicas

3.5.1 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Para a obtenção dos dados de IVE foi realizada a contagem de todas as plântulas de soja com os cotilédones acima da superfície do solo (emergidas), contidas em 5 m de comprimento das três linhas centrais de semeadura de cada parcela. As contagens foram realizadas durante cinco dias consecutivos, todos às 08h00min. Os dados foram submetidos à Equação 3, proposta por Maguire (1962):

$$IVE = \left(\frac{G_1}{N_1}\right) + \left(\frac{G_2}{N_2}\right) + \dots + \left(\frac{G_n}{N_n}\right)$$

Onde:

IVE = índice de velocidade de emergência

G = número de plântulas normais observadas nas contagens

N = número de dias da semeadura a cada avaliação

3.5.2 População inicial e final de planta

Os dados de populações inicial e final de plantas foram obtidos por meio da contagem manual das plantas contidas em 5 m de comprimento das linhas centrais de cada parcela. Posteriormente os dados obtidos foram extrapolados para populações de plantas por hectare.

3.5.3 Distribuição longitudinal de plantas

Os dados da variável foram obtidos considerando a distância longitudinal entre todas as plantas na linha, com duas repetições por parcela, utilizando-se trena com escala 0,001 m.

3.5.4 Altura de plantas (AP), diâmetro de haste (DH) e altura de inserção da primeira vagem (AIPV)

Os dados das variáveis foram obtidos de dez plantas consecutivas por parcela, em estágio fenológico R5.

Os dados de AP foram obtidos considerando-se a distância entre a superfície do solo e o ápice das plantas de soja. Dados de DH foram obtidos medindo-se o diâmetro da haste principal das plantas de soja na altura de cinco centímetros da superfície do solo, e dados de AIPV foram obtidos considerando a medida da distância entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem. Para tanto foram utilizados trena com escala 0,001 m e paquímetro digital com precisão 0,1 cm.

3.6 Variáveis de componentes de produtividade

3.6.1 Número de ramos por planta (NRP) e número de vagens por plantas (NVP)

Os dados de NVP e NRP foram obtidos através da contagem manual de todos os ramos e vagens contidas em dez plantas por parcela, em estágio fenológico R6.

3.6.2 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos de soja foi determinada a partir da colheita e debulha manual das plantas contidas em cada parcela, sendo os grãos pesados em balança de precisão 0,001 g e os valores corrigidos para 13% de teor de água.

3.7 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de normalidade, e quando constatadas diferenças, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro (significância), utilizando o software estatístico AgroEstat (Barbosa e Maldonado Júnior, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características agronômicas da soja

Os resultados de índice de velocidade de emergência (IVE) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Índice de Velocidade de Emergência de soja.

Índice de Velocidade de Emergência (IVE)					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	34,59 ABa	26,12 Ba	13,38 Cb	37,72 Aa	19,72**
A2	29,62 Aab	21,04 Aab	29,29 Aa	27,83 Ab	2,68 ^{NS}
A3	23,20 Ab	13,77 Bb	14,94 ABb	12,32 Bc	3,96*
A4	12,55 Ac	19,37 Aab	14,15 Ab	10,93 Ac	2,23 ^{NS}
F1	15,07**	4,31*	9,61**	27,60**	-
CV (%)	19,92				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

Os resultados de IVE indicam a ocorrência de algumas interações entre os fatores profundidade de semeadura (A) e carga aplicada pelas rodas compactadoras sobre o sulco (B). Para todas as cargas B utilizadas, constata-se diferenças de IVE entre as profundidades A. Contudo, dentre as profundidades estudadas, o fator carga aplicada pelas rodas compactadoras para a variável IVE somente interage e difere nas profundidades A1 e A3.

Ao comparar os resultados de IVE para B1, observou-se que A1 apresentou o maior índice, sendo 32,9% e 63,7% superior a A3 e A4, respectivamente. Em B2, A1 manteve o desempenho superior, com valores 47,3% acima dos de A3. Já em B3, não houve variação significativa entre A1, A3 e A4, destacando-se A2, cujo valor foi 51,7% superior à média das demais. Na carga B4, A1 apresentou valor 26,2% maior que A2.

Comparando-se os resultados de IVE na profundidade A1, as cargas B3 e B4 diferiram. B4 possibilitou IVE 64,5% maior que B3. Nas profundidades A2 e A4 as cargas aplicadas pelas

rodas compactadoras da semeadora não influenciaram significativamente o IVE. Entretanto, na profundidade A3 a carga B1 possibilitou IVE 41,05% maior que a média das demais, as quais não diferiram entre si.

Pode-se admitir que, para algumas profundidades de semeadura, a variação da carga aplicada pelas rodas compactadoras sobre o sulco de semeadora não influencia o IVE da soja. Diferentemente, é possível admitir que para qualquer carga aplicada pelas rodas compactadoras, a profundidade de semeadura influenciará o IVE, evidenciando que a espessura do solo sobre as sementes desempenha papel decisivo no estabelecimento inicial da cultura.

Modolo et al. (2010) observaram que entre os fatores diferentes cargas de compactação do sulco de semeadura e profundidade de semeadura, o último propicia maior ocorrência de efeitos negativos sobre a emergência de plântulas de feijão. Para semeadura realizada em 5,0 cm de profundidade, obtiveram resultando de IVE 77,8% e 75,2% maior quando comparado com semeaduras a 3,0 e 7,0 cm respectivamente. Para os autores, uma das prováveis razões para o resultado é a diferença de espessura da camada de solo que a plântula precisa romper até emergir.

Segundo Dias et al. (2020), camadas mais espessas de solo sobre as sementes, oriundas possivelmente de profundidades excessivas de semeadura ou volumes exagerados de solo depositado sobre as sementes pelas rodas cobridoras e compactadoras da semeadora, torna-se barreira física que diminui o potencial da emergência rápida e uniforme das plântulas, podendo comprometer o vigor e produtividade das mesmas.

Em estudo realizado sobre profundidade de semeadura de soja, Dozet et al. (2020) concluíram que aumentar a profundidade de deposição das sementes da cultura retarda o início da germinação, prolonga o período vegetativo e resulta em menor estande de plantas.

Os resultados de população inicial e final de plantas de soja são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. População Inicial e final de plantas de soja.

População Inicial de plantas (mil plantas ha ⁻¹)					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	

A1	163 Bab	183 Aa	137 Bab	219 Aa	7,85**
A2	188 Aa	163 Aab	183 Aa	195 Aa	1,25 ^{NS}
A3	127 Abc	117 Abc	104 Abc	95 Ab	1,30 ^{NS}
A4	114 Ac	92 Ac	81 Ac	81 Ab	1,60 ^{NS}
F1	7,58**	11,38**	12,89**	31,79**	-
CV (%)	15,24				
População Final de plantas (mil plantas ha ⁻¹)					
Profundidade	Carga (N)				F2
(cm)	B1	B2	B3	B4	
A1	157 ABab	179 Aa	108 Bb	201 Aa	9,39**
A2	180 Aa	135 Aab	166 Aa	152 Aa	2,22 ^{NS}
A3	125 Abc	111 Abc	83 Ab	87 Ab	2,41 ^{NS}
A4	91 Ac	83 Ac	70 Ab	73 Ab	0,53 ^{NS}
F1	8,95**	9,62**	10,73**	20,89**	-
CV (%)	17,99				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

Na condição de carga B1, a profundidade A2 apresentou população inicial de plantas 32,5% maior que A3 e 39,4% maior que A4. Em B2, A1 proporcionou resultado 36,1% e 49,8% maior que A3 e A4 respectivamente. Já em B3, A2 apresentou estande inicial 43,2% maior que A3 e 55,8% maior que A4. Para a condição de B4, a população inicial média entre A1 e A2 (207.000 plantas ha⁻¹) foi 57,5% maior que a média entre A3 e A4.

De forma geral, os resultados de população inicial obtidos demonstram que independente das cargas aplicadas pelas rodas compactadoras de sulco, a redução da variável ocorre pelo aumento da profundidade de semeadura. Além disso, ressalta-se que, apesar disso, no período de germinação e início da emergência, as médias pluviométricas observadas foram altas, o que beneficiou o desenvolvimento inicial da soja cultivada.

Comparando as cargas aplicadas para uma mesma profundidade de semeadura, foram obtidas diferenças significativas de população inicial de plantas somente na profundidade A1, nas demais profundidades as cargas não diferiram entre si. Para A1, as cargas B2 e B4

proporcionaram população inicial maior, com B4 apresentando população 25,6% e 37,5% maior que B1 e B3, respectivamente.

Os resultados de população final de plantas refletem efeitos de interação e significância similares aos verificados para a variável população inicial. Para a carga B1, A2 apresentou estande final 30,6% e 49,5% maior que A3 e A4, respectivamente. Em B2, A1 foi 38% maior que A3 e 53,7% maior que A4. Já em B3, A2 propiciou população final 35% maior que A1, 50% maior que A3 e 58% maior que A4. Para a condição de carga B4, a média entre A1 e A2 foi 54,7% maior que a média entre A3 e A4.

Para a profundidade A1, onde foram verificadas diferenças significativas para população final de plantas, observa-se que a carga B4 resultou em um estande final 46,3% maior que B3.

Os resultados apresentados neste estudo contradizem os de Grotta et al. (2007), que investigaram os efeitos da profundidade e da carga vertical sobre a linha de semeadura da soja, e citam que os estandes inicial e final não apresentaram diferenças significativas para os fatores analisados, resultando, respectivamente, em médias de 358 mil e 279 mil plantas por hectare, e ainda com índice de sobrevivência não variando para os diferentes tratamentos, com média de 79%.

Os resultados de distribuição longitudinal de plantas de soja ao longo do sulco de semeadura são apresentados na Tabela 3, e expressam a ocorrência de interação entre a profundidade de semeadura A4 e as cargas aplicadas pelas rodas compactadoras da semeadora-adubadora, em que B4 apresentou espaçamento entre plantas 26% maior que as demais cargas que diferiram na mesma profundidade. Nas demais profundidades não foram identificadas iterações com as cargas aplicadas pelas rodas compactadoras.

Tabela 3. Distribuição longitudinal de plantas.

Distribuição longitudinal de plantas (cm)					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	14,2 Aab	12,1Ab	15,8 Abc	10,1 Ac	2,13 ^{NS}
A2	11,3 Ab	13,5Ab	11,4 Ac	10,7 Ac	0,50 ^{NS}
A3	15,0 Aab	16,6 Aab	20,2 Aab	19,2 Ab	1,91 ^{NS}

A4	19,7 Ba	21,6 ABa	24,6 Aba	26,6 Aa	3,19*
F1	4,16*	6,13**	10,93**	20,91**	-
CV (%)	18,06				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

Comparando as profundidades na carga B1, A4 proporcionou espaçamento entre plantas 42,8% maior que A2. Enquanto em B2, A4 foi 44,6% maior que A1 e 37,7% maior que A2. Em B3, A4 possibilitou espaçamento 35,7% maior que A1 e 53,4% maior que A2. Para as condições de carga B4, A3 e A4 apresentaram resultado 46,3% e 61,2% maiores que o espaçamento médio, de 10,3 cm, entre A1 e A2.

A partir dos resultados apresentados é possível evidenciar que a semeadura de soja em profundidades maiores que 8,0 cm e fechamento do sulco de semeadura com carga de compactação de 383 N pelas rodas compactadoras, comprometem o estabelecimento da cultura no que se refere a distribuição longitudinal das plantas. Para essas condições o aumento do espaçamento entre elas é evidenciado, possivelmente não pela ausência de sementes de soja, mas pelo vigor insuficiente das plântulas da cultura para romper a camada espessa e densa de solo depositada sobre si. Índícios disso podem ser observados nos resultados de população inicial e final de plantas.

A discussão corrobora com Conceição et al. (2023), em que, segundo os autores, sementes de soja depositadas em maior profundidade investem maior reserva energética na formação de estruturas para o rompimento da barreira física imposta pelo solo, prejudicando o estabelecimento inicial das plântulas e reduzindo estande. Os autores apontam ainda que a barreira física mais densa de solo compactado sobre as sementes, separando-as da superfície do solo, potencializam os efeitos prejudiciais citados.

Ainda que sejam observados efeitos negativos dos fatores estudados para a distribuição longitudinal de plantas de soja, Wang et al. (2024) apontam que plantas da cultura têm alta plasticidade, adaptando fotossíntese e fixação de nitrogênio a diferentes densidades de plantas, diminuindo possíveis efeitos de estresses ambientais e nutricionais, não necessariamente impactando a produtividade de grãos. Entretanto, recomendam que a adequada densidade e

distribuição de plantas pode aumentar a eficiência no uso dos insumos, e possivelmente o rendimento de grãos.

Os resultados da variável altura de plantas são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Altura de plantas de soja (AP)

Altura de plantas de soja (cm)					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	61,1 Bc	57 Bb	94,9 Aa	56,6 Bb	13,99**
A2	66,6 Abc	60,1 Ab	70,2 Ab	78,4 Aa	2,41 ^{NS}
A3	81,6 Aab	89,9 Aa	86,5 Aab	88,6 Aa	0,55 ^{NS}
A4	94,9 Aa	85,1 Aa	87,9 Aab	92,8 Aa	0,83 ^{NS}
F1	9,61**	11,72**	4,48**	10,78**	-
CV (%)	10,90				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, nota-se efeito significativo entre as interações dos fatores profundidade e carga aplicadas pelas rodas compactadoras nas condições deste experimento para a variável altura de plantas (AP).

Na profundidade A1 houve interação com o fator carga para efeitos na variável altura de plantas, com B3 apresentando resultados 35,62%, 39,94% e 40,4% maiores que B1, B2 e B4 isoladamente, e 38,64% maior que a média entre estas.

No entanto, em relação às cargas analisadas, verificou-se interação significativa sobre a variável Altura de plantas (AP) entre todas as combinações com as profundidades de semeadura. Em B1, A4 possibilitou AP 35,62% maior que A1 e 29,8% maior que A2. De forma semelhante, em B2, a média entre A3 e A4 foi 33% superior que a média entre as demais profundidades. Para B3, A1 apresentou média 26% superior que A2. Já em B4, a média entre as demais foi 34,6% maior que a AP em A1.

Os resultados observados na Tabela 4, em conjunto com os dados das Tabelas 2 e 3, sobre população inicial e final e a distribuição longitudinal de plantas, demonstram que a

semeadura em maiores profundidades, apesar de promoverem maiores espaçamentos entre plantas, também deram origem a plantas mais altas. Seixas et al. (2020) descrevem que em função da alta plasticidade de crescimento da cultura da soja, a disponibilidade de espaço e condições edafoclimáticas são fatores que afetam esta característica.

Ainda, em situações de semeadura em maior profundidade, é provável que apenas plântulas com maior vigor tenham conseguido emergir, como observado na Tabela 2 sobre população inicial e final de plantas, aspecto este que favoreceu o desenvolvimento de plantas mais altas.

Os resultados para diâmetro da haste são apresentados na Tabela 5, demonstrando que, em geral, a semeadura em profundidades mais rasas leva as plantas a desenvolverem caules com menores diâmetro de haste.

Tabela 5. Diâmetro da Haste (DH)

Diâmetro da Haste (cm)					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	0,516 Bc	0,586 Bc	0,993 Aab	0,573 Bc	8,95**
A2	0,713 Abc	0,763 Abc	0,806 Ab	0,793 Abc	0,32 ^{NS}
A3	1,033 Aa	1,136 Aa	1,260 Aa	1,196 Aa	1,73 ^{NS}
A4	0,980 Aab	0,910 Aab	0,946 Ab	1,013 Aab	0,37 ^{NS}
F1	10,80**	10,09**	6,69**	13,57**	-
CV (%)	14,28				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

A Tabela 5 indica que, a profundidade de semeadura influenciou de forma significativa o diâmetro da haste (DH) em todas as cargas aplicadas pelas rodas compactadoras. Já o fator carga teve efeito significativo apenas na profundidade A1, onde a carga B3 culminou em plantas com diâmetro de haste 43,8% maior que médias entre as outras três, que não diferiram entre si. Estes dados sugerem uma possível interação entre maior compactação superficial ocasionada pelas rodas compactadoras e as condições físico-químicas do solo nessa profundidade de semeadura, limitando o crescimento vegetativo das plantas. Além disso, os maiores diâmetros

de haste encontrados em maiores profundidades podem, também, estar atrelados ao vigor das plântulas que conseguiram emergir nestas condições.

Quanto às cargas aplicadas pelas rodas compactadoras, em B1, A3 se provou com DH 50,5% e 31% maior que A1 e A2, respectivamente. Assim como para B2, onde A3 apresentou dados 48,42% superiores a A1 e 32,8% superiores a A2. Já para a carga B3, A3 se diferenciou, com DH 36% e 24,9% maior que A2 e A4. Em B4, o padrão se repete, com A3 apresentando média 43,44% e 21,72% maior que A1 e A2.

Diferentemente dos resultados evidenciados nesta pesquisa, Aikins; Afuakwa; Nkansah (2011) observaram, nas safras de 2008 e 2009, diferenças no diâmetro da haste de plantas de soja em função da profundidade de semeadura. Nas duas safras, as plantas semeadas a 9 cm de profundidade apresentaram diâmetro de haste de aproximadamente 25 mm, enquanto aquelas semeadas a 5 cm atingiram cerca de 35 mm.

Os resultados de altura de inserção da primeira vagem (AIPV) são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Altura de inserção da primeira vagem (AIPV)

Altura de inserção da primeira vagem (cm)					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	13,70 Aa	12,41 Aa	16,01 Aa	13,08 Aa	2,21 ^{NS}
A2	12,61 ABa	11,38 Ba	13,96 ABa	15,95 Aa	3,46*
A3	13,36 Aa	13,31 Aa	12,46 Aa	13,18 Aa	0,16 ^{NS}
A4	12,28 Aa	13,98 Aa	12,26 Aa	13,10 Aa	0,60 ^{NS}
F1	0,39 ^{NS}	1,15 ^{NS}	2,71 ^{NS}	1,81 ^{NS}	-
CV (%)	13,68				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

Para a altura de inserção da primeira vagem (AIPV), dados descritos na Tabela 6, constata-se que a variável foi afetada apenas pelas combinações entre as cargas B2 e B4 com a

profundidade A2, onde evidencia-se que B4 apresentou maiores AIPV, com média 28,65% superior à registrada em B2.

Conforme aponta Holanda (2015), variações de inserção da primeira vagem (AIPV) podem ser atribuídas às características genéticas da planta, e a interação genótipo-ambiente. Assim, os resultados significativos observados podem estar atrelados a uma maior interação entre os fatores observados, possivelmente relacionada às características físico-químicas do ambiente solo-semente nos tratamentos A2.

A avaliação conjunta dos resultados apresentados na Tabela 6 sugere que, no geral, os valores de AIPV encontram-se dentro do padrão agrônômico ideal para a viabilização da colheita mecanizada da cultura, visto que vagens muito baixas em relação a distância da superfície do solo, acabam sendo perdidas durante o corte realizado pelas colhedoras.

Conforme Ramteke et al. (2012), para minimizar a perda durante a colheita, a altura da primeira vagem da soja deve ser de pelo menos 12 cm, quando mais baixas há possibilidade da barra de corte da colhedora passar acima delas e estas são perdidas. Chinnarat et al. (2025), por sua vez, destacam que, para a colheita mecanizada eficiente, a primeira vagem da planta de soja deve estar posicionada a alturas superiores a 10 cm. Procópio et al. (2022) descrevem que normalmente a altura de inserção da primeira vagem é de 10 a 15 cm em relação à superfície do solo.

4.2 Variáveis de componentes de produtividade

Os resultados de número de ramos por planta são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Número de ramos por planta

Número de ramos por planta					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	10,56 Bb	12,20 Bb	16,20 Aab	10,26 Bb	9,45**
A2	11,53 Ab	12,03 Ab	13,46 Ab	12,13 Ab	0,87 ^{NS}
A3	17,33 Aa	16,03 Aa	18,40 Aa	17,70 Aa	1,25 ^{NS}
A4	15,30 Aa	15,36 Aab	15,13 Aab	16,86 Aa	0,82 ^{NS}
F1	12,80**	5,53**	5,42**	16,53**	-
CV (%)	10,67				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

Os dados sobre número de ramos são apresentados na Tabela 7 e demonstram que a profundidade de semeadura (A) influenciou significativamente o número de ramos por planta em todas as cargas aplicadas pelas rodas compactadoras (B), apontando sua relevância para a arquitetura vegetativa da soja. Contudo, o efeito da carga foi estatisticamente significativo apenas na profundidade A1, indicando baixa interação desse fator com a variável nas demais profundidades avaliadas.

Para a profundidade de semeadura A1, a carga B3 resultou em média de número de ramos por planta significativamente maior, com valores 34,8%, 24,7% e 36,66% superiores aos observados para B1, B2 e B4, respectivamente, as quais não diferiram estatisticamente entre si. A média de B3 também superou em 32,06% a média entre as demais.

Com relação à carga B1, é possível verificar que as profundidades A3 e A4 apresentaram média 32,30% superior as observadas entre A1 e A2. Para a carga B2, A3 apresentou média de número de ramos por plantas 23,9% e 24,95% superior a A1 e A2, respectivamente. Já B3, apresentou diferenças significativas para a variável na profundidade A3, que resultou em média 26,85% maior que A2. Quanto à carga B4, temos que a média entre A1 e A2 foi 35% superior à média entre A3 e A4.

Da mesma forma, Gomides et al. (2023), avaliando a semeadura da soja a 2, 4, 6, 8 e 10 cm de profundidade, observaram média de 5,58 ramos por planta a 4 cm e média de 7,08 a 8 cm. Procópio et al. (2014) observaram que o aumento da densidade de plantas interfere no número de ramos, de modo que menores densidades resultam em maiores médias para essa variável, o que se deve, segundo eles, a plasticidade das plantas de soja em se adaptar a diferentes populações. No estudo, os autores constataram uma redução de 4,1 ramos para 3,2 ramos por planta ao comparar as densidades 375.000 e 562.500 sementes ha⁻¹, respectivamente.

Balbinot Junior et al. (2015), destacam que o principal mecanismo de compensação para a menor quantidade de plantas por área é a emissão de maior quantidade de ramos, além da formação de ramos maiores, o que resulta em maior produtividade. Portanto, embora a densidade de semeadura tenha sido a mesma para todos os tratamentos nesse experimento,

observou-se uma redução na população de plantas nos tratamentos associados às maiores profundidades de semeadura (Tabela 2). Essa redução ocorreu possivelmente devido à menor emergência das plântulas nestas condições, o que resultou em maiores espaçamentos entre plantas (Tabela 3), dessa forma, pode-se inferir que as diferenças observadas estejam relacionadas à densidade efetiva de plantas estabelecidas a campo.

Os dados referentes ao número de vagens por planta são apresentados na Tabela 8, demonstrando que ocorreram interações significativas tanto para profundidade de semeadura quanto para cargas aplicadas pelas rodas compactadoras.

Tabela 8. Número de vagens por planta

Número de vagens por planta					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	29,80 Bb	27,80 Bb	97,46 Aab	18,76 Bc	6,48**
A2	35,36 Ab	40,03 Ab	46,13 Ab	46,76 Abc	0,14 ^{NS}
A3	81,83 Aab	113,83 Aa	81,26 Aab	92,86 Aab	1,14 ^{NS}
A4	120,26 Aa	109,13 Aa	105,10 Aa	128,96 Aa	0,58 ^{NS}
F1	8,91**	10**	3,37*	11,71**	-
CV (%)	33,63				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

Os resultados de números de vagens por plantas indicam que para tratamentos combinando as profundidades com a carga B1, A4 apresentou número de vagens por planta 72,22% e 70,6% superior aos de A1 e A2, respectivamente, sendo também 72,9% maior que a média entre essas duas. Já na carga B2, a média entre as profundidades A3 e A4 foi 69,58% superior à média observada entre as demais. Para a carga B3, A4 resultou em média 56,11% maior que A2. Os resultados são similares em B4, onde A4 apresentou média 85,45% maior que A1 e 63,74% maior que A2.

Para os resultados de número de vagens por planta, conforme os valores apresentados, houve diferença estatística apenas na profundidade A1, onde B3 apresentou valores 69,42%,

71,5% e 80,75% superiores que B1, B2 e B4 respectivamente, e com média 73,88% superior a média entre as demais.

Dessa forma, com base nos resultados obtidos, conclui-se que a profundidade de semeadura influenciou significativamente o número de vagens por planta em todas as cargas aplicadas pelas rodas compactadoras. Em contrapartida, a carga aplicada sobre o sulco de semeadura afetou essa variável apenas na profundidade A1, não sendo observadas diferenças estatísticas entre as cargas nas demais profundidades. Esses resultados indicam que, para o número de vagens por planta, a profundidade de semeadura é um fator determinante, enquanto a carga aplicada exerce efeito pontual, dependendo da profundidade utilizada.

Diferentemente, Gomides et al. (2023), ao avaliarem profundidades de semeadura e tipos de cobertura do solo na cultura da soja, observaram que a semeadura a 4 cm de profundidade resultou em média de 50,66 vagens por planta, demonstrando melhores valores quando comparado à semeadura a 8 cm, em que a média foi de 45,58 vagens por planta.

Por outro lado, Segundo Navarro Júnior e Costa (2002), o número de legumes é determinado pela proporção de flores por plantas e a capacidade dessas de se desenvolver. A quantidade de flores, por sua vez, depende da quantidade de ramos por plantas. Portanto, nas condições deste experimento, a maior expressão do número de ramos em profundidades mais elevadas, valores observados na Tabela 7, sugere melhor adaptação da planta às condições impostas nestas circunstâncias, o que, possivelmente, favoreceu o crescimento vegetativo inicial e resultou em maior potencial produtivo da cultura.

Balbinot Junior et al. (2015), ao analisarem o impacto da densidade de plantas nos componentes de rendimento da soja, observaram que o aumento da densidade de plantas de 135 mil plantas ha⁻¹ para 440 mil plantas ha⁻¹ reduziu em 70% o número de vagens por planta da soja. Os autores destacam que, em densidades menores, ocorreu compensação plena por meio de um maior número de vagens por planta, mantendo-se estável a quantidade de vagens por hectare. Considerando as condições deste experimento, e os dados apresentados na Tabela 3, referentes à distribuição longitudinal de plantas, é possível estabelecer uma correlação entre os maiores espaçamentos observados e os valores superiores de número de vagens por planta. Dessa forma, a maior distância entre plantas pode ter favorecido o desenvolvimento individual e morfofisiológico das plantas, conseqüentemente, contribuído para os resultados obtidos nesta variável.

Os resultados de produtividade em Kg ha⁻¹ são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Produtividade kg ha⁻¹

Produtividade Kg ha ⁻¹					
Profundidade (cm)	Carga (N)				F2
	B1	B2	B3	B4	
A1	3186,6 Aa	3461 Aab	4656 Aa	4490,6 Aa	1,31 ^{NS}
A2	3664 Aa	2954,6 Ab	3768 Aa	4317 Aa	0,76 ^{NS}
A3	4848 Aa	4538,6 Aab	4864 Aa	5122,6 Aa	0,14 ^{NS}
A4	4074,6 Aa	5472 Aa	5421 Aa	4256 Aa	1,34 ^{NS}
F1	1,20 ^{NS}	3,07*	1,15 ^{NS}	0,38 ^{NS}	-
CV (%)	25,73				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha indicam não haver diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). *significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro. ^{NS} não significativo. F¹ teste F da interação dos fatores na coluna e F² na linha. CV: Coeficiente de variação. A1: 4,5 cm; A2: 6,6 cm; A3: 8,0 cm e A4: 9,5 cm. B1: 92 N; B2: 126 N; B3: 273 N e B4: 383 N.

Com base nos resultados apresentados na Tabela 9, é possível notar que houve efeito significativo de produtividade da soja apenas na condição de carga B2, nas demais cargas as profundidades não diferiram entre si para a variável. Em B2 a profundidade A4 proporcionou produtividade 46% maior que A2, se tratando da maior e menor produtividade do experimento.

Comparando as profundidades de semeadura, não foram obtidas diferenças significativas para produtividade de plantas quanto ao fator carga. Portanto, os resultados observados demonstram que o aumento dos valores da variável foi influenciado pela profundidade de semeadura.

Grotta et al (2007) avaliando o efeito da carga vertical sobre a fileira de semeadura e da profundidade na cultura da soja, não observaram efeito significativo destes fatores na variável rendimento de grãos. Já Gomides et al. (2023) observaram para o fator profundidade analisado, um melhor rendimento em soja semeada a 6 cm quando comparado ao rendimento em soja semeada a 10 cm onde a média permaneceu inferior a 20 g por planta.

5. CONCLUSÃO

Todas as cargas avaliadas apresentaram desempenho acentuado nos tratamentos combinados à sementeira a 4,5 cm, divergindo apenas quanto à altura de inserção da primeira vagem e à distribuição longitudinal de plantas.

A sementeira realizada em maiores profundidades resultou nos menores índices de velocidade de emergência e comprometeu o estabelecimento da cultura a campo.

A diminuição da densidade de plantas, em função das falhas no estabelecimento das plantas de soja nas maiores profundidades e maiores cargas aplicadas pelas rodas compactadoras de sulco resultou em maiores produtividades, alturas, diâmetros de haste, números de ramos e número de vagens de plantas.

O tratamento A4B2 (9,5 cm e 126 N), apresentou a maior produtividade obtida, com média de 5.472 kg ha⁻¹, enquanto a menor produtividade foi observada em A2B2 (6,6 cm e 126 N), com média de 2.954,6 kg ha⁻¹.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de norma 04:015.06-004: Semeadora de precisão - ensaio de laboratório - método de ensaio*. São Paulo, 1994. 26 p.

AIKINS, S. H. M.; AFUAKWA, J. J.; NKANSAH, E. O. *Effect of Different Sowing Depths on Soybean Growth and Dry Matter Yield*. *Agriculture and Biology Journal of North America*, v. 2, n. 9, p. 1273-1278, 2011. ISSN 2151-7517 (Print), 2151-7525 (Online).

AISENBERG, G. R.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; VILLELA, F. A. Vigor e Desempenho de Crescimento Inicial de Plantas de Soja: efeito da Profundidade de Semeadura. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 3081, 2014.

ALONÇO, P. A.; ALONÇO, A. S.; CARPES, D. P.; MOREIRA, A. R. Qualidade da sementeira da soja. *Cultivar Máquinas*, n. 186, jul. 2018.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. *Densidade de plantas na cultura da soja*. Documentos 364. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2015. 36 p. il. ISSN 2176-2937.

BALESTRIN, J. T.; FRANDALOSO, D.; CASAGRANDE, R. Efeito do tratamento de sementes e profundidade de sementeira na emergência de soja e feijão. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 49804-49810, jul. 2020. ISSN 2525-876.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. *AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos*. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396 p.

BOHN, R. G. *Influência da densidade de sementeira nos componentes da produtividade de cultivares de soja*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, Ibirubá, 2023.

BOTTEGA, E. L.; BRAIDO, R.; PIAZZETTA, H. L.; OLIVEIRA NETO, A. M.; GUERRA, N. Mecanização agrícola: efeitos da profundidade e velocidade de sementeira na implantação da cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, Recife, v. 19, n. 2, p. 74-78, jul./dez. 2014.

BOTTEGA, E. L.; VIAN, T.; GUERRA, N.; OLIVEIRA NETO, A. M. Diferentes dosadores de sementes e velocidades de deslocamento na semeadura do milho em plantio direto. *Pesquisas Agropecuárias Pernambucanas*, Recife, v. 22, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). *Nota da Balança Comercial do Agronegócio*. Brasília: MAPA, dez. 2024

CHINNARAT, J.; MONKHAM, T.; SANITCHON, J.; CHANKAEW, S. Breeding Black Soybeans for High Yield and First Pod Height Is a Promising Approach to Improving Thai Commercial Soybean Varieties. *Agronomy*, v. 15, n. 3, p. 600, 2025.

CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/2023, 12º levantamento, setembro 2023*. Boletim da Safra de Grãos, Brasília, v. 10, n. 12, 2023. ISSN 2318-6852.

CONCEIÇÃO, A. E. D.; REGES, N. P. R.; SANTOS, M. P. Influência do vigor, diâmetro da semente e profundidade de semeadura no estabelecimento inicial da soja. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 2, e27412240260, 2023. ISSN 2525-3409.

CONTE, O. Plantabilidade na cultura da soja. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2018. Recurso online (19 slides).

CORREIA, T. P. S.; KATO, L. H.; GOMES, A. R. D. A.; SOUZA, S. F. G.; SILVA, P. R. A. Influência da inclinação do terreno e velocidade de operação na semeadura de sorgo por semeadora de fluxo contínuo. *Energia na Agricultura*, v. 30, n. 4, p. 331–337, 2015.

CORREIA, T. P. S.; LOPES, A. G. C.; FAGGION, F.; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F. G. Semeadura de soja em função de mecanismos dosadores e velocidade operacional. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 190-198, abr./jun. 2020. ISSN 2359-6562.

DEVALL, S. Glossary. In: *The Seed Treatment Stewardship Guide*. Alexandria, VA: American Seed Trade Association, 2023.

DIAS, P. P. *Efeito das densidades e profundidades de semeadura sobre o desempenho agrônomo da soja*. 2017. 68 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

DIAS, P. P.; SOUSA, S. F. G.; SILVA, P. R. A.; CORREIA, T. P. S.; GOMES, A. R. A. A profundidade de semeadura da soja na plantabilidade. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 150-157, abr./jun. 2020. ISSN 2359-6562.

DIAS, P. P.; SOUSA, S. F. G.; SILVA, P. R. A.; CORREIA, T. P. S.; GOMES, A. R. A. Emergência e sobrevivência de plantas de soja a campo em relação às profundidades e épocas de semeadura. *Energia na Agricultura*, v. 35, n. 2, 2020.

DOZET, G.; ĐUKIĆ, V.; MILADINOV, Z.; CVIJANOVIĆ, G.; RANĐELOVIĆ, P.; JOVANOVIĆ TODOROVIĆ, M.; CVIJANOVIĆ, M. SowingDepth - A Significant Factor for Establishing the Optimal Number of Plants Per Unit Area of Soybean. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, v. 3, n. 6, p. 516-522, 2020.

DUGATO, D.; PALMA, M. A. Z. Pressure and angle of the seed-fertilizer drill press wheel on corn emergence. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 22, n. 10, p. 726-731, 2018. ISSN 1807-1929.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, apud. CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. *Soja em números (safra 2022/23)*. Embrapa Soja, 2023.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa. *Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014*. Londrina, 2013. 265 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 16). ISSN 1677-8499.

FARIA, A. P. F. A. *Arranjo de Semeadura Agrupada de Soja com Diferentes Densidades e Velocidades Operacionais*. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. *A Saga da Soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.* Brasília, DF: Embrapa Soja, 2018. 199 p. v. 1. ISBN 978-85-7035-807-3.

GOMIDES, J. F. F. B.; MARTINS, M. B.; BORTOLHEIRO, F. P. A. P.; SERON, C. C.; SALLES, J. S.; VENDRUSCULO, E. P. Soybean grain yield is impacted by the sowing depth and the type of soil cover. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 10, n. 4, e7470, Oct./Dec, 2023. ISSN 2358-6303.

GOOGLE. Área Experimental. *Google Maps*, 2024.

GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; SANTOS, L.; CORTEZ, J. W.; REIS, G. N. Cultura da soja em função da profundidade de semeadura e da carga vertical sobre a fileira de semeadura. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 487-492, maio/ago. 2007.

HIRAKURI, M.; LAZZAROTTO, J. *O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro*. Embrapa Soja, (Documentos n. 349). Londrina, PR: Embrapa Soja, jun. 2014. 37 p. ISSN 2176-2937.

HOLANDA, H. V. *Qualidade dos processos mecanizados de semeadura e colheita na cultura da soja*. Jaboticabal: UNESP, 2015. vii, 68 p.: il.: 29 cm. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Carta de Conjuntura – Agropecuária – Comércio exterior do agronegócio: novembro de 2023*. Número 61, Nota de Conjuntura 32, 4º Trimestre de 2023.

JUMIL. *Plantadora Adubadora 3060PD. Manual de Instruções*. Man. 89.27.153, Ver-B, 2019.

LOBATO, B. Agricultura conservacionista: conheça os preceitos e práticas para o Cerrado. Embrapa Cerrados. *Notícias*, 27 nov. 2019.

LOPES, A. G. C.; CORREIA, T. P. S.; MARQUES FILHO, A. C. Simples ou duplas? *Cultivar Máquinas*, v. 23, p. 22-25, 2024.

LOPES, A. G. C.; SIMÃO, K. S.; CORREIA, T. P. S.; MARQUES FILHO, A. C.; SILVA, P. R. A.; MOSCA, P. H. C. Utilização de haste sulcadora e disco duplo por três safras consecutivas no cultivo de milho. In: SALUSTRIANO, R. R. et al. (org.). *Ciências Agrárias: estudos sistemáticos e pesquisas avançadas 3*. Ponta Grossa: Athena Editora, 2023. cap. 13, p. 178-187.

MADHUSUDAN, B. S.; KUSHWAHA, H. L.; KUMAR, A.; et al. Critical assessment of furrow openers and operational parameters for optimum performance under conservation tillage. *Scientific Reports*, v. 14, p. 20928, 2024.

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

- MARQUES FILHO, A. C.; RUSCONI, L. H.; SILVA, P. R. A. Plantabilidade e distribuição longitudinal de sementes de algodão com diferentes conjuntos disco-anel e dosador mecânico. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 35, n. 4, p. 476-483, out.-dez. 2020. ISSN 2359-6562
- MATOS, E. S.; MANTOVANI, A.; NASCIMENTO, J.; ARCOVERDE, S. N.; SECRETTI, M. L. Mecanismos sulcadores e velocidade de semeadura na plantabilidade e produtividade da soja. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 11, n. 1, 2021.
- MIALHE, L. G. *Máquinas agrícolas para plantio*. Campinas: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Universidade de São Paulo, 2012. ISBN 978-85-7625-260-3.
- MODOLO, J. A. *Efeito da Umidade do Solo e Carga Aplicada pela Roda Compactadora no Ambiente Solo-Semente em Sistema de Plantio Direto na Cultura da Soja*. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2006.
- MODOLO, A. J.; FERNANDES, H. C.; SCHAEFER, C. E. G.; SILVEIRA, J. C. M. Efeito da compactação do solo sobre a emergência de plântulas de soja em sistema plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1259-1265, jul./ago. 2008.
- MODOLO, A. J.; TROGELLO, E.; NUNES, A. L.; FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M.; DAMBRÓS, M. P. Efeito de cargas aplicadas e profundidades de semeadura no desenvolvimento da cultura do feijão em sistema plantio direto. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 3, p. 739-745, maio/jun. 2010.
- NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes de rendimento para produção de grãos em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 3, p. 269-274, 2002.
- PALMA, M. A. Z.; DUGATO, D. G.; JOHANNNS, D. C.; RICHTER, A. F.; KUPSKE, R. A.; OLIVEIRA, G. W. Avaliação de ponteiros de semeadoras. *Cultivar Máquinas*, 2020.
- PORTELLA, J. A. *Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas*. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997. 40 p. (Documentos, n. 41).
- PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. *Revista Agro@ambiente On-line*, Boa Vista, v. 8, n. 2, p. 212-221, maio/ago. 2014. ISSN 1982-8470.

PROCÓPIO, S. O.; SANTIAGO, A. D.; CASTRO, C.; BUENO, A. F.; SOARES, R. M. Recomendações técnicas para a produção de soja na região agrícola do Sealba. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2022. 19 p. (*Circular Técnica, 94*). ISSN 1678-1945.

RAMTEKE, R.; SINGH, D.; MURLIDHARAN, P. Selecting soybean (*Glycine max*) genotypes for insertion height of the lowest pod, the useful trait for combine harvester. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, v. 82, p. 511–515, 2012.

Reis, E. F.; Vieira, L. B. Operação de semeadoras-adubadoras para plantio direto. 3. ed. Brasília: SENAR, 2011. 96 p. il. Coleção SENAR, ISSN 1676-367X, 78. ISBN 85-88507-04-8.

RODOLFO JUNIOR, F.; ARAÚJO, L. G.; SOUZA, R. Q.; BATISTA, F. P. S.; OLIVEIRA, D. N. S.; LACERDA, M. P. C. Relações Solo-Paisagem Em Topossequências na Fazenda Água Limpa, Distrito Federal. *Nativa*, v. 3, n. 1, p. 27–35, 26 mar. 2015.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. C. *Tecnologias de produção de soja*. Londrina, PR: Embrapa Soja. Sistemas de Produção 17, jun. 2020. 348 p. ISSN 2176-2902.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. *Mecanização: operação e regulação de semeadoras-adubadoras de sementes graúdas*. Coleção SENAR 194. Brasília: SENAR, 2017. 144 p.; il. ISBN 978-85-7664-177-3.

SILVA, F. C.; SILVA, J. G. S. T.; ALMEIDA, C. G.; RODRIGUES, N. F.; SOARES, S. C.; SOUZA, L. A.; MARIA, A. C. L.; COUTO, I. P.; OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, L. C. Operação de semeadoras adubadoras. *Revista OMMA*, v. 6, 2021.

SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H.; JASPER, S. P.; SEKI, A. S.; MASIERO, F. C.; RIQUETT, N. B. Semeadora-adubadora: mecanismos de corte de palha e cargas verticais aplicadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 12, p. 1367–1373, 2012.

SILVA, P. R. A.; DIAS, P. P.; CORREIA, T. P. S.; SOUSA, S. F. G. Emergência de plântulas de milho em diferentes profundidades de semeadura. *Irriga*, Botucatu, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 178-185, 2015. ISSN 1808-3765.

SILVA, R. P.; CORÁ, J. E.; CARVALHO FILHO, A.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A. Efeito da profundidade de semeadura e de rodas compactadoras submetidas a cargas verticais na

temperatura e no teor de água do solo durante a germinação de sementes de milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 3, p. 929-937, maio/jun. 2008.

SILVA, R. P.; CORÁ, J. E.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. Ação de rodas compactadoras de semeadoras submetidas a cargas verticais na deformação do solo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 29, n. 4, p. 839-847, jul./ago. 2005.

SIQUEIRA, A. C. S.; GEREMIAS, T. K. C.; MACHADO, T. A. Soybean plantability in different operating conditions. *Revista Agro@ambiente On-line*, Boa Vista, v. 18, Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, 2024. ISSN 1982-8470.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.416 p.

SOUZA, I. D. Medição da profundidade de deposição das sementes. 2024. Fotografia.

VOORSLUYS, D. J.; INGLÊS DE LARA, J. G.; WAURECK, A. Ocorrência de falhas e duplas na cultura da soja (*Glycine max*). *Revista Real Agronomia*, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2023.

WANG, J. H.; LIN, X.; LI, X. Y. The Role of Plant Density and Nutrient Management in Soybean Yield Optimization, *Legume Genomics and Genetics*, 15(6): 280-290. 2024.