



Soybean plantability in different operating conditions

Plantabilidade de soja em diferentes condições operacionais

Augusto César de Souza Siqueira¹, Thalissa Karla Campos Geremias¹, Túlio de Almeida Machado*¹

Abstract: Many crops of global importance, such as soybeans (*Glycine max*), come from the sowing process. This stage in the production cycle is the most important since the deposition of the seed in the soil will directly impact final productivity. Therefore, it must be carried out correctly to guarantee a better uniformity of seed distribution. Thus, the objective was to evaluate the interference of operating speed and different furrow closing pressures on the longitudinal distribution of seeds, productivity, soil mobilization, and sowing depth in direct and conventional planting systems. The experimental treatment units had an area of 10 m² distributed in a randomized block design and arranged in a system of sub-subdivided plots, with four replications, being: two types of soil preparation (direct planting and conventional system), and, in each one, two operating speeds (3.42 and 6.82 km h⁻¹) and three pressures in the furrow closing system (12.57; 14.94 and 16.52 kfg). The type of soil preparation system influenced the depth and spacing between seeds. The operating speed of 3.42 km h⁻¹ determined the better longitudinal distribution of the seeds. Soil mobilization and blistering were significantly changed with increasing pressure from the compacting wheels, having the most significant effect at a pressure of 16.52 kgf.

Key words: *Glycine max*. Seed density. Seeding. Operational speed.

Resumo: Muitas culturas de importância mundial, como a da soja (*Glycine max*), são oriundas do processo de semeadura. Essa etapa no ciclo de produção pode ser considerada a mais importante, uma vez que a deposição da semente no solo impactará diretamente na produtividade final. Assim, deve ser realizada corretamente, a fim de garantir a uniformidade de distribuição das sementes. Logo, objetivou-se avaliar a interferência da velocidade de operação e diferentes pressões de fechamento de sulco na distribuição longitudinal das sementes, na produtividade, na mobilização do solo e na profundidade de semeadura nos sistemas de plantio direto e convencional. As unidades experimentais dos tratamentos tiveram área de 10 m² e foram distribuídas em delineamento em blocos casualizados e arranjadas em um sistema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições, sendo: dois tipos de preparo de solo (plantio direto e sistema convencional), e, em cada um, duas velocidades de operação (3,42 e 6,82 km h⁻¹) e três pressões no sistema de fechamento do sulco (12,57; 14,94 e 16,52 kfg). O tipo de sistema de preparo de solo influenciou na profundidade e no espaçamento entre sementes. A velocidade de operação de 3,42 km h⁻¹ determinou melhor a distribuição longitudinal das sementes. A mobilização e o empolamento do solo foram alterados significativamente com o aumento da pressão das rodas compactadoras, tendo o maior efeito na pressão de 16,52 kgf.

Palavras-chave: *Glycine max*. Densidade de sementes. Semeadura. Velocidade operacional.

*Corresponding author

Submitted for publication on 28/08/2023, approved on 29/02/2024 and published on 16/04/2024.

¹Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos. Endereço: BR-153 Km 633, Zona Rural, 75650-000, Morrinhos-GO, Brasil. E-mails: augustosiqueiraagro@gmail.com; thalissacampos13@gmail.com; tulio.machado@ifgoiano.edu.br

INTRODUCTION

Soybeans are one of the most significant products in Brazil's agribusiness GDP. According to the 11th Survey of the 2022/2023 Grain Harvest by the National Supply Company (CONAB), the soybean harvest reached 154.6 million tons, which is 1.48% higher than the first harvest estimate made in October 2022 and 10.9% higher than the production record achieved in the 2020/2021 harvest (CONAB, 2023).

Soybeans are propagated by sowing, so populations (stands) above the recommended level do not increase yields and can bring risks of losses due to lodging and increase in production costs. Low densities result in short plants, a higher incidence of weeds, and harvest losses. Under favorable conditions, lodging can be corrected without affecting yield by reducing the population between 20 and 25%. However, when sowing after the growing season, the population should be increased by 20 to 25% (MEIER *et al.*, 2023).

Sowing speed is one of the variables that directly influences the longitudinal distribution of seeds. The ideal speed is one that allows the furrow to open and close without excessive soil movement, ensuring that the seeds are distributed with constant spacing and depth (KOOPER *et al.*, 2017). According to Melo (2013), sowing speed and depth directly influence germination, seedling emergence, and final crop yield.

Failures in the sowing lines, caused by problems with the sowing speed and increased spacing between plants, facilitate the development of weeds that compete for the available resources. As a result, the stand of undesirable plants can reduce productivity and make mechanized harvesting difficult (PINHEIRO NETO *et al.*, 2008).

The homogeneous distribution of seeds depends on the seed drills, equipped with a set of adjustable metering mechanisms, and has a direct effect on the plant stand and ensures that the necessary resources are properly used, providing conditions for better plant growth and development (ALONÇO *et al.*, 2018). Another factor to be observed in the sowing process is the depth of the seed deposit, which interferes with seedling emergence when deposited inappropriately (AISEMBERG *et al.*, 2014).

INTRODUÇÃO

Um dos produtos mais expressivos no PIB do agronegócio brasileiro é a soja. Conforme informações do 11º Levantamento da Safra de Grãos 2022/2023 da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a safra de soja alcançou 154.603,4 mil de toneladas, o que é 1,48% superior à primeira estimativa de safra realizada em outubro de 2022 e 10,9% superior ao antigo recorde de produção alcançado na safra 2020/2021 (CONAB, 2023).

O meio de propagação da soja é por sementeira, portanto, populações (estande) acima do recomendado não apresentam acréscimo a produtividade, podendo trazer riscos de perdas por acamamento e aumento no custo de produção. Densidades baixas resultam em plantas de porte baixo, maior incidência de plantas invasoras e perdas na colheita. O acamamento em condições favoráveis pode ser corrigido sem afetar o rendimento, reduzindo a população entre 20 e 25%. Mas, em sementeiras após a época de cultivo deve-se aumentar entre 20 e 25% (MEIER *et al.*, 2023).

A velocidade de sementeira é uma das variáveis que influencia diretamente na distribuição longitudinal das sementes. A velocidade ideal é aquela que proporciona abertura e fechamento de sulco sem excesso de movimentação do solo, condicionando a distribuição das sementes com espaçamento e profundidade constante (KOOPER *et al.*, 2017). De acordo com Melo (2013), a velocidade e a profundidade de sementeira influenciam diretamente na germinação, emergência das plântulas e produtividade final da cultura.

As falhas nas linhas de sementeira, ocasionadas por problemas na velocidade da sementeira e aumentando o espaçamento entre plantas, facilitam o desenvolvimento de plantas daninhas, que concorrem com a cultura pelos recursos disponíveis. Assim, como consequência, o estande de plantas indesejáveis estabelecido dessa maneira pode reduzir a produtividade e dificultar a colheita mecanizada (PINHEIRO NETO *et al.*, 2008).

A distribuição homogênea das sementes depende das semeadoras que são dotadas de um conjunto de mecanismos dosadores reguláveis que, através da manutenção do estande de plantas, proporcionam melhor desenvolvimento da cultura e asseguram um melhor aproveitamento dos recursos necessários, proporcionando condições para um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas. (ALONÇO *et al.*, 2018). No processo de sementeira outro fator a ser observado é a profundidade de deposição das sementes, que quando depositadas de forma inadequada, interfere na emergência das plântulas (AISEMBERG *et al.*, 2014).

The seed should be deposited at a depth that allows it to come in contact with the soil without physical barriers, resulting in a high emergence percentage. Regardless of the crop, the conditions and settings of the seeder must provide adequate seeding depth and longitudinal distribution of the seeds, ensuring the ideal stand for the crop's development (DERRÉ *et al.*, 2016).

By using different settings and adjustments for a mechanical fertilizer seeder, this study aimed to assess the impact of operating speed and different pressures in the furrow closing system by evaluating the following variables in two different planting systems: longitudinal seed distribution, productivity, soil tillage, and sowing depth.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, located at 17°30'20" to 18°05'40" south latitude and 48°41'08" to 49°27'34" west longitude, with an average altitude of 771 m. The local climate is classified as tropical wet and dry (CARDOSO *et al.*, 2014), and the soil in the area is predominantly of the Dark Red Latosol type (EMBRAPA, 2018).

The study was conducted in a randomized block design in a subdivided plot scheme with four replications. The total area of the experiment was 720 m², and the subplot was 15 m². The plots consisted of two types of soil preparation (no-till and conventional). The no-till and conventional tillage areas were arranged side by side and, therefore, had the same soil characteristics. Within each subplot, the effect of combining the following factors (2x3) was evaluated: two operating speeds (3.42 and 6.82 km h⁻¹) and three pressures in the furrow closing system (12.57, 14.94, and 16.52 kgf).

A semente deverá ser depositada em uma profundidade que permita seu contato com o solo sem barreiras físicas, resultando em elevado percentual de emergência. Independentemente da cultura, as condições e configurações da semeadora devem proporcionar profundidade de semeio e distribuição longitudinal das sementes de forma adequada, garantindo o estande ideal para o desenvolvimento da cultura (DERRÉ *et al.*, 2016).

Mediante a utilização de cenários e regulagens diferentes para uma semeadora adubadora mecânica objetivou-se com esse estudo avaliar a interferência da velocidade de operação e de diferentes pressões no sistema de fechamento de sulco na avaliação das variáveis: distribuição longitudinal das sementes, produtividade, mobilização do solo e na profundidade de semeadura em dois diferentes sistemas de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, localizado sob as coordenadas de 17°30'20" a 18°05'40" latitude sul e 48°41'08" a 49°27'34" de longitude oeste, com altitude média de 771 m. O clima local é classificado como tropical úmido e seco (CARDOSO *et al.*, 2014), e o solo da área é predominantemente do tipo Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 2018).

O estudo foi realizado em um delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema de parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. As parcelas consistiram de dois tipos de preparo do solo (plantio direto e convencional). As áreas de plantio direto e convencional estavam dispostas lado a lado e, portanto, possuíam as mesmas características físicas do solo. Dentro de cada subparcelas avaliou-se o efeito da combinação dos seguintes fatores (2x3), duas velocidades de operação (3,42 e 6,82 km h⁻¹) e três pressões no sistema de fechamento do sulco (12,57; 14,94 e 16,52 kgf). A subparcela possuía 15 m² e a área total do experimento foi de 720 m².

The soil was sampled in the 0–0.20 m layer and then analyzed for its chemical characteristics and grain size. The results presented were: pH (H₂O) 5,8; Al³⁺ - trace; P (mg dm⁻³) 1,7; K (mg dm⁻³) 87; Ca (cmolc dm⁻³) 1,3; Mg (cmolc dm⁻³) 0,5; H+Al (cmolc dm⁻³) 4,5; m (%) 0; V (%) 32; MO (dag kg⁻¹) 5,3; coarse sand (g kg⁻¹) 196; fine sand (g kg⁻¹) 217; silt (g kg⁻¹) 278; and clay (g kg⁻¹) 309. Five penetration resistance measurements and soil water content measurements were also taken in the areas before the mechanized unit passed through. The points were randomly chosen in the test area. Averages of 1,98 MPa were found for penetration resistance and water content of around 30%, these being important benchmarks for standardizing the soil about the mobilization variable.

To carry out the test, a John Deere 4x2 TDA tractor was used, with a nominal power of 78 kW (106 hp) coupled to a Netz PDN 6000 mechanical seeder-dugger, with a furrowing rod type opening and breaking system.

The installed crop was soybeans (*Glycine max* var. *credenz*), of the CZ58B28IPRO variety from BASF, whose supplier's technical recommendation is 14 seeds per linear meter, giving an ideal spacing of 7,14 cm between seeds. Once these parameters had been defined, the metering disks were chosen according to the seeds size. The motor/moving gear set was chosen according to the table provided by the seed drill manufacturer. The experimental units in each treatment had an area of 10 m² (5 x 2 m).

In the no-till area, before the test the size of the straw particles was reduced using a brushcutter. In the conventional system, the soil preparation consisted of one harrowing with a plow harrow and two harrowings with a leveler-destroyer harrow.

Once the gears and engine speeds had been set, the operating speeds were obtained from the averages of three repetitions. The time taken by the mechanized unit to cover a distance of 25 meters was recorded using a stopwatch. The pressure of the furrow-closing system was measured using a Victor digital dynamometer with a measuring capacity of 500 N.

O solo da área experimental foi amostrado na camada 0 – 0,20 m e, posteriormente, foi analisada quanto às características químicas e determinada a granulometria. Os resultados apresentados foram: pH (H₂O) 5,8; Al³⁺ - traços; P (mg dm⁻³) 1,7; K (mg dm⁻³) 87; Ca (cmolc dm⁻³) 1,3; Mg (cmolc dm⁻³) 0,5; H+Al (cmolc dm⁻³) 4,5; m (%) 0; V (%) 32; MO (dag kg⁻¹) 5,3; areia grossa (g kg⁻¹) 196; areia fina (g kg⁻¹) 217; silte (g kg⁻¹) 278; e argila (g kg⁻¹) 309. Ainda, foram realizadas cinco mensurações de resistência à penetração e teor de água no solo nas áreas antes da passagem do conjunto mecanizado. Os pontos foram escolhidos ao acaso na área do ensaio. Foram encontradas médias de 1,98 MPa para a resistência à penetração e o teor de água em torno de 30%, onde esses valores referenciais são importantes para a padronização do solo em relação à variável mobilização.

Para a realização do ensaio foi utilizado um trator John Deere 4x2 TDA, com potência nominal de 78 kW (106 cv) acoplado a uma semeadora-adubadora mecânica da marca Netz, modelo PDN 6000, com o sistema de abertura e rompimento do tipo haste sulcadora.

A cultura instalada foi a soja (*Glycine max* var. *credenz*), variedade CZ58B28IPRO da empresa BASF, cuja recomendação técnica da empresa fornecedora é 14 sementes por metro linear, perfazendo um espaçamento ideal de 7,14 cm entre sementes. Após esses parâmetros definidos, foram escolhidos os discos dosadores de acordo com o tamanho das sementes. O conjunto de engrenagens motoras/movidas foi escolhido de acordo com a tabela fornecida pela fabricante da semeadora-adubadora. As unidades experimentais em cada tratamento tiveram uma área de 10 m² (5 x 2 m).

Na área de plantio direto houve a redução do tamanho das partículas da palhada antes do ensaio com a passagem de roçadora. No sistema convencional, a operação de preparo de solo foi composta por uma gradagem com grade aradora e duas gradagens com grade niveladora-destorroadora.

Com a definição das marchas e rotações do motor, as velocidades operacionais foram obtidas por meio das médias de três repetições. Com auxílio de um cronômetro, foi levantado o tempo gasto pelo conjunto mecanizado para percorrer a distância de 25 metros. A pressão do sistema de fechamento de sulcos foi aferida por um dinamômetro digital da marca Victor com capacidade para medida de 500 N.

The pressure adjustment mechanism was positioned on the planting unit immediately behind the compactor wheels and was regulated by a set of springs that allowed three different pressures to be chosen for closing the furrow. On the seeder, there were three possible settings, with more or less pressure.

The measured variables were: average spacing between seeds, soil mobilization and blistering in the sowing lines, depth and the number of acceptable spacing, failures and double spacings. After sowing, the plant stand was assessed from emergence. The yield in each area was also assessed at the end of cultivation. All these variables are crucial when thinking about the quality of plantability.

A profilometer was used to make comparisons between the treatments. It was 0.35 m wide, equipped with rods spaced 0.01 m apart and a stroke (vertical displacement) of 0.30 m. The profilometer was fitted with millimeter paper, and, the positions where each rod was positioned with the relief after the soil was moved when the different treatments were applied were marked. Three readings were taken in each experimental unit. Prior to the passage of the mechanized unit, data was collected on the natural relief already existing in the soil so that this could be considered when determining tillage.

The tilled area consists of the area between the original profile and the bottom profile of the furrows, while the elevation area corresponds to the area between the surface profile and the bottom profile of the soil after tillage (GAMERO; BENEZ, 1990). Once the tilled layer data had been obtained, the average thickness was calculated using Equation 1.

O mecanismo de ajuste de pressão estava posicionado na unidade de plantio imediatamente atrás das rodas compactadoras, sendo regulado por um conjunto de molas que permitia escolher três pressões distintas para o fechamento do sulco. Na semeadora, havia três regulagens possíveis, com mais ou menos pressão, além de uma opção intermediária.

As variáveis mensuradas foram: espaçamento médio entre sementes, mobilização do solo e empoamento nas linhas de semeadura, profundidade e seus números de espaçamentos aceitáveis, falhas, duplas. Após a semeadura, foram avaliados a estande de plantas a partir da emergência. Ao final do cultivo também foi avaliada a produtividade em cada área. Todas estas variáveis são de extrema importância quando se pensa em qualidade da plantabilidade.

Um perfilômetro foi utilizado para serem realizadas comparações entre os tratamentos, possuindo 0,35 m de largura, equipado com varetas espaçadas em 0,01 m e curso (deslocamento vertical) de 0,30 m. Para o levantamento destes dados no perfilômetro foi colocado papel milimetrado e, com o auxílio de uma caneta, foram marcadas as posições onde cada vareta se posicionou com o relevo após a movimentação do solo na aplicação dos diferentes tratamentos. Foram realizadas três leituras em cada unidade experimental. Anteriormente à passagem do conjunto mecanizado foi levantando os dados do relevo natural já existente no solo, para que este possa ser levado em consideração na determinação da mobilização.

A área mobilizada consistiu àquela situada entre o perfil original e o perfil de fundo dos sulcos, enquanto a área de elevação corresponde àquela situada entre o perfil da superfície e o perfil de fundo do solo após a mobilização (GAMERO; BENEZ, 1990). Obtidos os dados da camada mobilizada, a espessura média foi calculada por meio da Equação 1.

$$E_c = \frac{A_m}{C_p} \quad \text{Eq. 1}$$

where:

E_c : average thickness of the tilled layer in m;

A_m : tilled area of the soil in m²;

C_p : Length of the profilometer in m.

em que:

E_c : espessura média da camada mobilizada, em m;

A_m : área mobilizada do solo, em m²;

C_p = Comprimento do perfilômetro, em m.

Soil heave (Equation 2) was determined by the ratio between the soil elevation area and the area tilled by the active parts of the equipment, according to Gamero and Benez (1990).

$$E_m = \left(\frac{A_e}{A_m} \right) 100 \quad \text{Eq. 2}$$

where:

E_m : blistering in %;

A_e : lifting area, in m²;

A_m : mobilized area, in m².

Depth and seed distribution were measured using a spatula to dig up the seeds and a tape measure along 2 m of each plot. The soil surface was taken as a reference to determine the depth values.

To define the type of seed spacing, the methodology used by Costa *et al.* (2018) was adopted. Linear distribution was classified into three categories: double (when the distance between plants is less than 0.5 times their ideal distance), failure (when the distance between plants is 1.5 times greater than the ideal distance), and acceptable (when the distance between plants is from 0.5 to 1.5 times).

To assess emergence and stands, the sampling units began to be evaluated 7 days after sowing and were visited every 7 days for 28 days. Data was collected on the number of seedlings that emerged and remained viable until the twenty-eighth day.

Five samples for the yield survey were taken randomly from each tillage system. Ten plants were taken from each sample, totaling fifty plants per system. The grains were removed from these plants and weighed. The mass obtained from the grains was extrapolated to the number of plants per linear meter after 28 days (established stand) and, subsequently, per hectare.

The data was submitted to analysis of variance (ANOVA) using the “F” test at a 5% probability level. Subsequently, the means of the variables in the different treatments were analyzed using the Tukey test ($p \leq 0.05$). The tests were performed using Assistat software, version 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

O empolamento do solo (Equação 2) foi determinado pela razão entre a área de elevação do solo e a área mobilizada pelos órgãos ativos do equipamento, segundo Gamero e Benez (1990).

em que:

E_m = empolamento, em %;

A_e : área de elevação, em m²;

A_m : área mobilizada, em m².

A mensuração da profundidade e da distribuição de sementes foi realizada com o auxílio de uma espátula para o desenterrio das sementes e trena ao longo de 2 m em cada parcela. Para a determinação dos valores de profundidade levou-se em consideração a superfície do solo como referência.

Para a definição do tipo de espaçamento entre a semente, adotando a metodologia utilizada por Costa *et al.* (2018). A distribuição linear foi classificada em três categorias: dupla (quando a distância entre plantas for menor que 0,5 vezes a sua distância ideal), falha (quando a distância entre as plantas for 1,5 vezes maior que a distância ideal) e aceitável (quando a distância entre as plantas for maior que 0,5 vezes e menor que 1,5 vezes).

Para a avaliação de emergência e estandes, as unidades amostrais começaram a ser avaliadas após 7 dias da semeadura, sendo visitadas de 7 em 7 dias com quatro contagens, onde foi levantado os dados de quantidade de plântulas emergidas e que se mantiveram viáveis até o vigésimo oitavo dia.

Para o levantamento da produtividade, foram obtidas cinco amostras de forma aleatória em cada sistema de preparo de solo. Para cada amostra foram coletadas dez plantas, totalizando cinquenta plantas por sistema. Destas plantas foram retirados os grãos e pesados. A massa obtida dos grãos foi extrapolada para a quantidade de plantas por metro linear após 28 dias (estande estabelecido) e, posteriormente, por hectare.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste “F” a 5% de probabilidade e, posteriormente, as médias das variáveis nos diferentes tratamentos sendo analisadas por meio do teste de Tukey ($p \leq 0,05$). O software utilizado foi o Assistat versão 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTS AND DISCUSSION

When carried out, the analysis of variance (ANOVA) (Table 1) included the factors of soil preparation, operating speed and furrow closing pressure, and their respective interactions.

There was only significance between the tillage factor levels, operating speed, and furrow closing pressure. For soil preparation, spacing and depth were modified. For operating speed, the variables of spacing and productivity; and for furrow closing pressure, tillage, blistering, and productivity. The three-way interaction was significant for spacing, depth, and yield.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando realizada, a análise de variância (ANOVA) (Tabela 1) dispôs dos fatores de preparo do solo, velocidade de operação e pressão de fechamento de sulco e suas respectivas interações.

Houve significância apenas entre os níveis dos fatores de preparo de solo, da velocidade de operação e da pressão de fechamento dos sulcos. Para o preparo de solo, foram modificados o espaçamento e a profundidade. Para a velocidade de operação, as variáveis de espaçamento e produtividade e para a pressão de fechamento do sulco, mobilização, empolamento e produtividade. A interação tripla foi significativa para o espaçamento, profundidade e produtividade.

Table 1 - Analysis of Variance the effect of the factors: type of tillage, operating speed, furrow closing system pressure and their interactions in terms of the number of tillage operations, blistering, seed spacing, seed depth and yield averages

Tabela 1 - Análise de Variância do efeito dos fatores: tipo de preparo de solo, velocidade de operação e pressão do sistema de fechamento de sulcos suas interações em termos das médias do número de mobilização do solo, empolamento, espaçamento entre sementes, profundidade de sementes e produtividade

FV	GL	<i>p</i> value				
		Tillage	Blistering	Spacing	Depth	Productivity
Ta	1	0.9604 ^{ns}	0.1652 ^{ns}	0.0048**	0.0056**	0.1672 ^{ns}
Tb	1	0.8652 ^{ns}	0.7711 ^{ns}	0.0289*	0.2515 ^{ns}	0.0333*
Tc	2	0.0249*	0.0469*	0.7642 ^{ns}	0.0759 ^{ns}	0.0030**
TaxTb	1	0.2840 ^{ns}	0.2785 ^{ns}	0.1807 ^{ns}	0.4151 ^{ns}	0.2550 ^{ns}
TaxTc	2	0.1531 ^{ns}	0.2761 ^{ns}	0.9131 ^{ns}	0.8227 ^{ns}	0.1421 ^{ns}
TbxTc	2	0.6715 ^{ns}	0.7295 ^{ns}	0.4492 ^{ns}	0.7170 ^{ns}	0.1456 ^{ns}
TaxTbxTc	2	0.7389 ^{ns}	0.7976 ^{ns}	0.2424 ^{ns}	0.0086**	0.0067**

**significant at 1% probability level ($p \leq 0,01$); *significant at 5% probability level ($p \leq 0,05$); ^{ns} not significant ($p > 0,05$).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$); *significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

Table 2 shows the averages for seed spacing and sowing depth for the different types of soil preparation evaluated.

The row spacing values are higher than the ones recommended by the supplier company, with the conventional system obtaining higher values than the no-till system. Some factors, such as the filling of the seed metering discs, the quality of the seed treatment (graphite), and the skidding of the mechanized unit, can directly influence this spacing (DIAS *et al.*, 2019)

A Tabela 2 apresenta as médias para o espaçamento médio entre sementes e profundidade de semeadura para os diferentes tipos de preparo de solo avaliados.

Os valores do espaçamento entre linha se encontram acima da recomendação da empresa fornecedora. Com o sistema convencional obtendo maiores valores que o sistema de plantio direto. Fatores como preenchimento dos discos dosadores de sementes, qualidade do tratamento de sementes (grafite) e patinagem do conjunto mecanizado podem influenciar diretamente nesse espaçamento (DIAS *et al.*, 2019)

Table 2 - Averages for seed spacing and depth for the different types of soil preparation evaluated

Tabela 2 - Médias para o espaçamento médio entre sementes a profundidade nos diferentes tipos de preparo de solo avaliados

Soil preparation	Spacing	Depth
	_____cm_____	
Conventional system	12.37 a	4.59 a
Direct planting	10.45 b	4.20 b

Averages followed by the same letter do not differ according to the Tukey test at 5% probability.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

For the types of soil preparation evaluated, despite the statistical difference, the two depths obtained are within 3 to 5 cm, the ideal range for the crop (SILVA *et al.*, 2008). However, in the conventional system, the sowing depth was greater. This system can be explained by the fact that the soil in this type of tillage is completely turned over, making it looser. In addition, the action of the machine's weight may be altering this parameter.

In Table 3, the results obtained for the different speeds show that as the speeds increase, the space between the seeds also increases; corroborating the results of Jesper *et al.* (2011). Additionally, it showed that the speed of 3.42 km h⁻¹ is the closest to the recommended spacing in this situation.

Para os tipos de preparo do solo avaliados, apesar da diferença estatística, as duas profundidades obtidas estão dentro do intervalo ideal para a cultura que é de 3 a 5 cm (SILVA *et al.*, 2008). Contudo no sistema convencional, a profundidade de semeadura foi maior. Isto pode ser explicado pelo fato de que o solo neste tipo de preparo o solo é totalmente revolvido, tornando-o mais solto e, aliado a ação do peso da máquina, pode estar alterando este parâmetro.

Na Tabela 3, os resultados obtidos com relação às diferentes velocidades apresentam que com o aumento das velocidades também se aumenta o espaço entre as sementes, corroborando os resultados de Jesper *et al.* (2011) e mostrando nesta situação que a velocidade de 3,42 km h⁻¹ é a que mais se aproxima do espaçamento recomendado.

Table 3 - Average seed spacing and yield at the different operating speeds evaluated

Tabela 3 - Médias do espaçamento médio entre sementes e para a produtividade nas diferentes velocidades de operação avaliadas

Speed (km h ⁻¹)	Average spacing (cm)	Productivity (kg ha ⁻¹)
3.42	10.96 b	4,215.65 b
6.82	11.87 a	4,930.29 a

Averages followed by the same letter do not differ according to the Tukey test at 5% probability.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Although the average spacing is smaller at a speed of 3.42 h⁻¹, at a speed of 6.82 km h⁻¹, there was greater productivity. The greater distance between seeds will result in a greater distance between plants, reducing intraspecific competition for water, light, and nutrients. It allows the cultivar to express its full genetic potential, increasing leaf area, lateral branches, number of pods per plant, seeds per pod and, the increase in mass of these seeds, which corroborates with the results obtained by Tourino *et al.* (2002).

Table 4 shows the averages for tillage, blistering, and productivity for the different furrow closing pressures evaluated.

Embora, na velocidade de 3,42 km h⁻¹, o espaçamento médio foi menor, na velocidade de 6,82 km h⁻¹, houve maior produtividade. A maior distância entre as sementes resultará em maior distância entre plantas, reduzindo a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes e permitindo que a cultivar possa expressar todo seu potencial genético, aumentando área foliar, ramos laterais, quantidade de vagens por planta, sementes por vagem e por último o incremento de massa nestas sementes, corroborando resultados obtidos por Tourino *et al.* (2002).

A Tabela 4 apresenta as médias de mobilização do solo, empolamento e produtividade para as diferentes pressões de fechamento de sulco avaliadas.

Table 4 - Averages for soil mobilization, blistering, and yield at the different furrow closing pressures

Tabela 4 - Médias para a mobilização do solo o empolamento e a produtividade nas diferentes pressões de fechamento do sulco

Closing pressure of the grooves (kgf)	Mobilization (cm ²)	Blistering (%)	Productivity (kg ha ⁻¹)
12.57	80.72 ab	18.94 ab	4,923.72 a
14.94	62.34 b	14.81 b	4,529.33 ab
16.52	120.86 a	27.41 a	4,265.85 b

Averages followed by the same letter do not differ according to the Tukey test at 5% probability.

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

According to Brandelero *et al.* (2014), significant mobilization and blistering is a consequence of a larger specific area in contact with the soil, which causes the furrower to be less efficient when rolling, resulting in broader sowing furrows with more soil movement and, therefore, an increase in these attributes.

The results concerning productivity differed, with the highest productivity being obtained when the compactor wheel configuration had the lowest pressure, corroborating the results obtained by Grotta *et al.* 2007, who found a tendency for productivity to decrease when the pressure on the seed increased.

Segundo Brandelero *et al.* (2014), uma maior mobilização e empolamento é consequência de uma maior área específica em contato com o solo, o que provoca baixa eficiência do sulcador ao rolamento, acarretando sulcos de semeadura mais largos com mais movimentação do solo e, assim, um aumento desses atributos.

Os resultados obtidos referentes a produtividade se diferenciaram, onde a maior produtividade foi obtida quando a configuração das rodas compactadoras estava com menor pressão corroborando com resultados obtidos por Grotta *et al.* 2007, que verificaram tendência de redução de produtividade quando se aumenta a pressão sobre a semente.

Oliveira *et al.*, (2021) found that very high travel speeds in operations that involve breaking up the soil might promote excessive surface disturbance and cause the incorporation of organic matter. On the other hand, very low travel speeds may not lift and fracture the soil properly.

Table 5 shows the three-way interaction for the depth and yield variables for the type of tillage, operating speeds and furrow closing pressure.

Oliveira *et al.*, (2021) verificaram que a velocidade de deslocamento muito elevada em operações que trabalham com rompimento do solo pode promover perturbações superficiais excessivas causando a incorporação da matéria orgânica. Por outro lado, a velocidade de deslocamento muito baixa pode não levantar e fraturar o solo adequadamente.

A Tabela 5 apresenta a interação tripla para as variáveis de profundidade e produtividade para os fatores de tipo de preparo de solo, velocidades operacionais e pressão de fechamento de sulco.

Table 5 - Depth and yield for the triple interaction between soil preparation types, operating speeds, and furrow closing pressure values

Tabela 5 - Profundidade e produtividade para a tripla interação entre tipos de preparo de solo, velocidades operação (e valores de pressão de fechamento de sulco

Soil preparation	Speed (km h ⁻¹)	Furrow closing pressure (kgf)			
		Depth (cm)			Average
		12.57	14.94	16.52	
Conventional system	3.42	3.70 Aa	4.74 Aa	4.93 Aa	4.46
	6.82	5.04 Aa	5.06 Aa	4.10 Aa	4.74
Direct planting	3.42	4.13 Aa	4.46 Aa	3.92 Aa	4.18
	6.82	3.49 Ab	4.56 Aa	4.62 Aa	4.22
Productivity (kg ha ⁻¹)					
Conventional system	3.42	3,961.58 Ba	3,643.50 Ba	4,915.83 Aa	4,173.64
	6.82	4,626.66 Bb	5,436.33 ABa	5,580.91 Aa	5,214.63
Direct planting	3.42	3,615.00 Ba	4,538.83 Aa	4,619.16 Aa	4,527.67
	6.82	4,860.16 Aa	4,498.66 Aa	4,579.00 Aa	4,645.94

Averages followed by the same uppercase letter in the column and averages followed by the same lowercase letter in the row do not differ statistically by the Tukey test at 5% probability

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Table 5 shows that the unfolding of the study factors significantly affected the depth when the furrow closing pressure was lower in the no-till system. This behavior is explained by Hoffman and Solie (1992). According to them, seed drills must withstand the adversities found in soils, such as in no-till, where there is soil with superficial compaction and the presence of residues from previous crops and must promote the penetration of the furrowing organs and control the depth and contact of the seeds in the soil.

A Tabela 5 mostra que o desdobramento dos fatores de estudo afetou significativamente a profundidade quando a pressão de fechamento do sulco foi menor no sistema plantio direto. Esse comportamento é explicado por Hoffman e Solie (1992). Segundo eles, as semeadoras devem resistir às adversidades encontradas nos solos, como no plantio direto, onde há solo com compactação superficial e presença de resíduos de culturas anteriores e devem promover a penetração dos órgãos sulcadores e controlar a profundidade e contato das sementes com o solo.

Yields changed when there was more significant pressure to close the furrow in the conventional system. In the no-till system, yields were only low at a speed of 3.42 km h⁻¹. Carvalho *et al.* (2004) concluded in their studies that soybean yields were higher in conventional soil management due to the revolving of the soil, contributing to more significant root deepening and exploration of the soil for nutrients and water.

Table 6 shows the Analysis of Variance (ANOVA) of the soil preparation factors, operating speed, and furrow closing pressure and their respective interactions regarding the mean percentage of double, acceptable, and failed spacing.

A produtividade foi modificada quando houve uma maior pressão de fechamento do sulco para o sistema convencional. No sistema de plantio direto apenas na velocidade de 3,42 km h⁻¹ com valores baixos. Carvalho *et al.* (2004) concluíram em seus estudos que a produtividade da soja foi maior no manejo convencional do solo devido ao revolvimento do solo, contribuindo para maior aprofundamento das raízes e exploração do solo por nutrientes e água.

A Análise de Variância (ANOVA) (Tabela 6) que dispõe dos fatores de preparo do solo, velocidade de operação e pressão de fechamento de sulco e suas respectivas interações em termos das médias de porcentagem de espaçamentos com duplas, aceitáveis e falhas.

Table 6 - Analysis of variance of the effect of factors: type of soil preparation, speed of operation, and pressure of the furrow closing system and their interactions in terms of the means of the percentage of double, regular and faulty spacings

Tabela 6 - Análise de variância do efeito dos fatores: tipo de preparo de solo, velocidade de operação e pressão do sistema de fechamento de sulcos suas interações em termos das médias da porcentagem de espaçamentos com duplos, normais e falhas

FV	GL	P _{value}		
		Double	Acceptable	Failed
Ta	1	0.0015**	0.0068**	0.0028**
Tb	1	0.1221 ^{ns}	0.0370*	0.2690 ^{ns}
Tc	2	0.8668 ^{ns}	0.6391 ^{ns}	0.7437 ^{ns}
TaxTb	1	0.5725 ^{ns}	0.6956 ^{ns}	0.2719 ^{ns}
TaxTc	2	0.6169 ^{ns}	0.3443 ^{ns}	0.2532 ^{ns}
TbxTc	2	0.2267 ^{ns}	0.9901 ^{ns}	0.0282*
TaxTbxTc	2	0.3664 ^{ns}	0.9901 ^{ns}	0.5308 ^{ns}

**significant at the 1% probability level ($p \leq 0.01$); *significant at the 5% probability level ($p \leq 0.05$); ns not significant ($p > 0.05$).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0,01$); *significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

There was only significance between the soil preparation type levels and operating speed factors. The interaction between operating speed and furrow closing pressure was significant (Tables 7 and 8).

Houve significância apenas entre os níveis dos fatores do tipo de preparo de solo e de velocidade de operação. Para as interações, foi significativa a interação entre a velocidade de operação e a pressão de fechamento dos sulcos (Tabelas 7 e 8).

Table 7 - Averages for the percentages of double, acceptable, and failed spacing in the different types of tillage and speeds evaluated

Tabela 7 - Médias para as porcentagens de espaçamentos duplos, aceitáveis e falhas nos diferentes tipos de preparo de solo e velocidades avaliados

	Double	Acceptable	Failed
Conventional system	60,93 a	33,76 b	5,30 b
Direct planting	40,64 b	47,09 a	12,25 a
Speeds (km h⁻¹)			
3,42	48,28 a	44,37 a	7,33 a
6,82	53,28 a	36,48 b	10,22 a

Averages followed by the same letter in the column do not differ statistically by the Tukey test at 5% probability.

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Concerning the influence of the type of soil preparation, in the conventional system, there were higher values for double spacing (Table 7), while no-till showed higher averages for both acceptable and faulty spacing. For the operating speed variable, the speed of 3.42 km h⁻¹ performed better than the speed of 6.82 km h⁻¹, both for double spacing, acceptable spacing, and failures.

The occurrence of double spacing, caused by the uneven longitudinal distribution of plants, can result in plants with greater height, fewer branches, and smaller stem diameter due to the accumulation of plants at specific points in the sowing lines (PINHEIRO NETO *et al.*, 2008).

The classification suggested by Silva *et al.* (2000) considers a seeder that distributes 90 to 100% of the seeds in the acceptable spacing range to have excellent performance, good performance from 75 to 90%, fair performance from 50 to 75%, and unsatisfactory performance below 50%. According to the results, the seeder's performance was considered unsatisfactory, as it showed values below 50% of acceptable spacing for soil preparation and operating speeds.

Table 8 shows the average interaction between operating speed and furrow closing pressure under the failed seed spacings.

The pressure of 14.94 kgf led to a variation in spacing with faults at the lowest speed (Table 8). At the lowest speed, the pressures of 12.57 and 16.52 kgf determined the highest percentage of these spacings.

Com relação à influência do tipo de preparo do solo, no sistema convencional houve maiores valores nos espaçamentos duplos (Tabela 7), enquanto o plantio direto apresentou maiores médias tanto para espaçamento aceitável e falha. Para a variável velocidade de operação, a velocidade 3,42 km h⁻¹ obteve melhor desempenho quando comparada com a velocidade de 6,82 km h⁻¹, tanto para os espaçamentos duplos, aceitáveis quanto para as falhas.

A ocorrência de espaçamentos duplos, ocasionados pela desuniformidade da distribuição longitudinal de plantas, pode acarretar plantas com maior altura, menos ramos e menor diâmetro do caule, decorrente do acúmulo de plantas em determinados pontos das linhas de semeadura (PINHEIRO NETO *et al.*, 2008).

A classificação sugerida por Silva *et al.* (2000) considera como ótimo desempenho à semeadora que distribuir de 90 a 100% das sementes na faixa de espaçamentos aceitáveis, bom desempenho de 75 a 90%, regular de 50 a 75%, e insatisfatório abaixo de 50%. De acordo com os resultados obtidos, o desempenho da semeadora foi considerado insatisfatório, pois apresentaram valores abaixo dos 50% de espaçamentos aceitáveis, tanto para o preparo de solo quanto para as velocidades de operação.

A Tabela 8 apresenta as médias para a interação entre a velocidade de operação e pressão de fechamento de sulco sob os espaçamentos falhos entre sementes.

A pressão 14,94 kgf promoveu a variação dos espaçamentos com falhas na menor velocidade (Tabela 8). Na menor velocidade as pressões de 12,57 e 16,52 kgf determinaram um maior percentual destes espaçamentos.

Table 8 - Average percentage of failed spacings in the interaction between speeds and different furrow closing pressures

Tabela 8 - Médias de porcentagem dos espaçamentos falhos na interação entre as velocidades e as diferentes pressões de fechamento do sulco

Speed (km h ⁻¹)	Furrow closing pressure (kgf)			Average
	12.57	14.94	16.52	
3,42	8.97 Aa	4.72 Bb	8.31 Aa	7.03
6,82	8.11 Aa	14.66 Aa	7.90 Aa	10.22
Average	8.54	11.04	8.10	

Averages followed by the same uppercase letter in the column and averages followed by the same lowercase letter in the row do not differ statistically by the Tukey test at 5% probability.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

The speed at which the tractor moves is an important factor in the sowing process, as the uniformity of seed distribution is directly correlated to the effect that this speed had at the time of the operation, also influencing the opening and closing of the sowing furrows and the depth of seed deposition (TROGELLO *et al.* 2013). However, in the study by Correia *et al.* (2020), the authors state that a seeding speed greater than 4.5 km h⁻¹ causes a higher rate of failures and double seeds and reduces the accuracy of horizontal disk seeders. However, in this study, there was a higher percentage of acceptable spacing at the highest speed.

CONCLUSION

The speed of operation alters the longitudinal distribution of the seeds, an important factor when considering the quality of plantability;

The type of tillage system influenced the depth and spacing between seeds;

The performance of the seeder-adaptor was classified as unsatisfactory, as the number of acceptable spacing was lower than recommended.

A velocidade de deslocamento do trator é fator importante no processo de semeadura, pois a uniformidade da distribuição da semente está diretamente correlacionada ao efeito em que essa velocidade teve no momento da operação, influenciando também na abertura e o fechamento dos sulcos de semeadura e a profundidade de deposição das sementes (TROGELLO *et al.* 2013). Porém, no estudo de Correia *et al.* (2020), os autores afirmam que a velocidade de semeadura maior que 4,5 km h⁻¹ provoca maior índice de falhas e sementes duplas e reduz a precisão dos dosadores de disco horizontal. Sendo que, no presente estudo, na maior velocidade, houve uma maior porcentagem de espaçamentos aceitáveis.

CONCLUSÕES

A velocidade de operação altera a distribuição longitudinal das sementes, fator importante quando se considera a qualidade na plantabilidade;

O tipo de sistema de preparo de solo influenciou na profundidade e espaçamento entre sementes;

O desempenho da semeadora-adubadora foi classificado como insatisfatório, pois o número de espaçamento aceitáveis foi abaixo do recomendado.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- AISENBERG, G. R.; PEDÓ, T.; AUMONDE, T.; VILLELA, F. A.; CAPES, D. Vigor e desempenho de crescimento inicial de plantas de soja: Efeito da profundidade de semeadura. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 3081, 2014.
- ALONÇO, P. A.; SANTO, A. A.; MOREIRA, A. R.; CARPES, D. P.; PIRES, A. L. Distribuição longitudinal de sementes de soja com diferentes tratamentos fitossanitários e densidades de semeadura. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 1, p. 58-67, 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i1.851>
- BRANDELERO, E. M.; ARAUJO, A. G.; RALISCH, R. Mobilização do solo e profundidade de semeadura por diferentes mecanismos para o manejo do sulco de semeadura em uma semeadora direta. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 263-272, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162014000200008>
- CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5654/actageo2014.0004.0016>
- CARVALHO, M. A. C. D.; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; ARF, O. Soja em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional em solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 11, p. 1141-1148, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001100013>
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da safra de grãos: 11º Levantamento - Safra 2022/23**. 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 21/11/2023.
- CORREIA, T. P. S.; LOPES, A. G. C.; FAGGION, F.; SILVA, P. R. A.; SOUZA, S. F. G. Semeadura de soja em função de mecanismos dosadores e velocidade operacional. **Energia na Agricultura**, v. 35, n. 2, p. 190-198, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2020v35n2p190-198>
- COSTA, R. D.; OZECOSKI, J.; LAJÚS, C. R.; CERICATO, A. Influência da velocidade de semeadura no coeficiente de variação e no estabelecimento do milho. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste**, v. 3, p. e17787, 2018.
- DERRÉ, L. O.; ABRANTES, F. L.; ARANDA, E. A.; FEITOSA, E. M.; CUSTÓDIO, C. C. Embebição e profundidade de semeadura de sementes não revestidas e revestidas de forrageiras. **Colloquium Agrariae**, v. 12, n. 2, p. 19-31, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5747/ca.2016.v12.n2.a136>
- DIAS, V. O.; ALONÇO, A. S.; BAUMHARDT, U. B.; BONOTTO, G. J. Distribuição de sementes de milho e soja em função da velocidade e densidade de semeadura. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1721-1728, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000105>
- 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**, v. 22, n. 10, p. 726-731, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n10p726-731>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF. 5. ed. Embrapa. 2018. 355p.
- GAMERO, C. A.; BENEZ, S. H. **Avaliação da condição do solo após a operação de preparo**. In: SILVEIRA, G.M. IV Ciclo de estudos sobre mecanização agrícola. Jundiaí: Fundação Cargill. 1990. p. 12-21.
- GROTTA, D. C.; FURLANI, C. E.; SILVA, R. P.; SANTOS, L. D.; CORTEZ, J. W.; REIS, G. N. D. Cultura da soja em função da profundidade de semeadura e da carga vertical sobre a fileira de semeadura. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 487-492, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000300018>
- HOFFMAN, V. L.; SOLIE, J. Dry land small grainseeding equipment. In: **Consevation tillage systems and management: crop residue management with no-till, ridge-till, mulch-till**. Ames: Midwest Plan service, 1992. p.102-108.

- JESPER, R.; JESPER, M.; ASSUMOÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C.; Velocidade de semeadura da soja. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162011000100010>
- KOPPER, C. V.; MEERT, L.; KRENSKI, A.; BORGUI, W.; OLIVEIRA NETO, A. M.; FIGUEREDO, A. S. T. Produtividade de milho segunda safra em função de diferentes velocidades de semeadura e densidade de plantas. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, p. 1-6, 2017. DOI: <https://doi.org/10.12661/pap.2017.003>
- MEIER, F. R.; ZIEGLER, W.; PIZOLOTTO, F. Z.; MULLER, V. Eficiência entre a semeadura informatizada de precisão e a semeadura mecanizada tradicional na distribuição de sementes de soja (*Glycine max*). **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 2, p. 6963-6995, 2023. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n2-056>
- MELO, R. P.; ALBIERO, D.; MONTEIRO, L. A.; SOUZA, F. H.; SILVA, J. G. Qualidade na distribuição de sementes de milho em semeadoras em um solo cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 94-101, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100012>
- OLIVEIRA, M. F.; FERNANDES, R. B. A.; FREDDI, O. D. S.; FERREIRA, C. J. B.; TAVARES, R. L. M. **Aspectos relevantes da semeadura direta na qualidade do solo e na produtividade das culturas**. In: MOURA, P.H.A.; MONTEIRO, V.F.C. Ponta Grossa: Inovação e tecnologias nas ciências agrárias. Atena, p.1-15. 2021.
- PINHEIRO NETO, R.; BRACCINI, A. D. L.; SCAPIM, C. A.; BARTOLOTTO, V. C.; PINHEIRO, A. C. Desempenho de mecanismos dosadores de sementes em diferentes velocidades e condições de cobertura do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 611-617, 2008. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i5.5960>
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assstat Software, Version 7.7 and it's use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**. v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>
- SILVA, R. P.; CORA, 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**, v. 32, n. 3, p. 929-937, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542008000300034>
- SILVA, J. G.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVEIRA, P. M. Desempenho de uma semeadora adubadora no estabelecimento e na produtividade da cultura do milho sob plantio direto. **Revista Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 7-12, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100003>
- TOURINO, M. C. C. REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000800004>
- TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCASI, M.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura, mecanismos sulcadores e velocidades de operação sobre a semeadura direta da cultura do milho. **Bragantia**, v. 72, n. 1, p. 101-109, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052013005000016>