



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

**SEMEADURA DE SOJA COM MECANISMO DOSADOR AGRUPADO
PNEUMÁTICO**

ARTHUR GABRIEL CALDAS LOPES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
JANEIRO/2021



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

**SEMEADURA DE SOJA COM MECANISMO DOSADOR AGRUPADO
PNEUMÁTICO**

ARTHUR GABRIEL CALDAS LOPES

ORIENTADOR: PROF. DR. TIAGO PEREIRA DA SILVA CORREIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
JANEIRO/2021



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

SEMEADURA DE SOJA COM MECANISMO DOSADOR AGRUPADO
PNEUMÁTICO

ARTHUR GABRIEL CALDAS LOPES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA

APROVADA POR:

TIAGO PEREIRA DA SILVA CORREIA, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília

FRANCISCO FAGGION, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília

LEANDRO AUGUSTO FELIX TAVARES, Instituto de Ciências Agrárias – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

BRASÍLIA/DF, 27 de JANEIRO de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Lopes, Arthur Gabriel Caldas

Semeadura de soja com mecanismo dosador agrupado pneumático/
Arthur Gabriel Caldas Lopes, orientação de Tiago Pereira da Silva
Correia. – Brasília, 2021.

50 p. : il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

1. arranjo espacial 2. velocidade de semeadura 3. produtividade
I. Correia, T. P. S. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LOPES, A. G. C. **Semeadura de soja com mecanismo dosador agrupado pneumático**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2021, 50 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Arthur Gabriel Caldas Lopes

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO Semeadura de soja com mecanismo dosador agrupado pneumático.

Grau: Mestrado Ano: 2021

É concedida à Universidade de Brasília de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: ARTHUR GABRIEL CALDAS LOPES

CPF: 055.335.361-67

Endereço: SHA conjunto 6 chácara 16 lote 5, Arniqueiras - DF

Tel: (61) 98213-0713

Email: arthur.grb10@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e Nossa Senhora, por todas as bênçãos e proteção ao longo desta jornada.

Aos meus pais, Sleine Maria de Araujo Caldas Lopes e Francisco das Chagas da Cunha Lopes pelo amor, carinho, educação e apoio, meus exemplos de honestidade e trabalho ao longo de toda a vida.

À minha irmã Laís Gabriela Caldas Lopes por toda ajuda e paciência.

Ao meu orientador, professor Dr. Tiago Pereira da Silva Correia pela oportunidade, dedicação, auxílio, ensinamentos e amizade em mais esta etapa.

Aos professores Dr. Francisco Faggion e Dr. Leandro Augusto Felix Tavares por aceitarem e se disponibilizarem para composição da banca de defesa deste trabalho e contribuições ao mesmo.

Aos funcionários da Fazenda Santa Maria Maycon, André, Marniel e o proprietário Sr. Antônio Mesquita por disponibilizarem a propriedade e maquinário para condução do experimento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Brasília, ao Prof. Dr. Cícero Figueiredo e secretariado pelo servidor Guilherme Queiroz.

Ao professor Dr. José Mauro da Silva Diogo pelo apoio e auxílio para condução do experimento.

À professora Dra. Michelle Souza Vilela pelos conselhos e ensinamentos ao longo do mestrado.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa (FAL-UnB), em especial ao diretor Prof. Dr. Reginaldo Sérgio Pereira, e chefe de oficina, João Gomes.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos membros e amigos do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Universidade de Brasília (LAMAGRI/UnB): Gabriel Pastor, Alexandre Faria, Wesley Taveira, Guilherme Rodrigues, Gabriela Greice, Alyne Ayla, Isabela Dias, Mariana Bohme, Maria Luísa, Leonardo Buzar, Octacílio Moraes e Kamilla Saldanha por toda, amizade, companheirismo e ajuda durante todas as avaliações e dias de muito trabalho.

À Isabelle Barbosa Viana por todo amor, carinho e companheirismo durante mais esta fase.

Aos meus amigos Helber Araújo, Déborah Valério, Maria Luísa e Maria Carolina, pelo apoio e momentos de descontração.

RESUMO

A soja é a cultura que ocupa a maior extensão territorial no Brasil, ranquiando o país como o maior produtor no mundo durante a safra 2019/20. Convencionalmente a semeadura da cultura é realizada de forma mecanizada, distribuindo as sementes de forma individualizada e equidistante ao longo do sulco de semeadura, contudo, outra alternativa é a dosagem e distribuição de forma agrupada, sem alterações à população de plantas. O objetivo do trabalho foi avaliar as características agronômicas e desempenho operacional da semeadura de soja com mecanismo dosador de sementes agrupado pneumático. O experimento foi realizado na Fazenda Santa Maria, município de Unaí - MG, sendo utilizada uma semeadora-adubadora da marca John Deere, modelo 2122 CCS, de 20 linhas, espaçadas a 0,5 m, equipadas com mecanismo dosador de sementes pneumático, tracionada por um trator da mesma marca, modelo 7225J, 4 x 2 TDA de 165,48 kW (225cv) de potência. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, sendo dois arranjos de semeadura (agrupado e convencional) e três velocidades de semeadura (4,5; 5,2 e 6 km h⁻¹), com quatro repetições por tratamento, perfazendo o total de 24 parcelas experimentais. As variáveis de características agronômicas avaliadas foram: índice de velocidade de emergência das plântulas, população inicial, altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas, diâmetro de haste, número de ramos, número de vagens por planta, massa de mil grãos, produtividade de grãos e incidência de ferrugens foliares. As variáveis avaliadas de desempenho operacional da semeadura foram: dano mecânico nas sementes, distribuição longitudinal de sementes e de grupos de sementes. Os resultados evidenciaram incremento produtivo entre 39,9 e 20,7% para o arranjo de semeadura agrupada nas velocidades de 4,5 e 5,2 km h⁻¹, respectivamente. A maior velocidade de semeadura limita o agrupamento de sementes para o arranjo de semeadura agrupada.

Palavras-chave: arranjo espacial, velocidade de semeadura, produtividade

ABSTRACT

Soybean is the crop that occupies the largest territorial extension in Brazil, ranking the country as the largest producer in the world during the 2019/20 harvest. Conventionally the sowing of the crop is carried out in a mechanized way, distributing the seeds individually and equidistant along the sowing furrow, however, another alternative is the grouped distribution of seeds, without alterations to the plant population. The aim of the work was to evaluate the agronomic characteristics and operational performance of soybean sowing with pneumatic grouped seed dosing mechanism. The experiment was carried out at Fazenda Santa Maria, municipality of Unaí - MG, using a John Deere seeder-fertilizer machine, model 2122 CCS, with 20 rows, spaced at 0,5 m, equipped with a pneumatic, metered seed dosing mechanism. by a tractor of the same brand, model 7225J, 4 x 2 TDA of 165.48 kW (225hp) of power. The experimental design adopted was completely randomized in a 2 x 3 factorial scheme, with two sowing arrangements (grouped and conventional) and three sowing speeds (4,5; 5,2 and 6 km h⁻¹), with four repetitions per treatment, making a total of 24 experimental plots. The variables of agronomic characteristics evaluated were: seedling emergence speed index, initial population, height of first pod insertion, plant height, stem diameter, number of branches, number of pods per plant, mass of a thousand grains, productivity of grains and incidence of leaf rust. The variables evaluated for operational sowing performance were: mechanical damage to seeds, longitudinal distribution of seeds and groups of seeds. The results showed a productive increase between 39,9 and 20,7% for the grouped sowing arrangement at speeds of 4,5 and 5,2 km h⁻¹, respectively. The higher sowing speed limits the grouping of seeds for the grouped sowing arrangement.

Keywords: spatial arrangement, sowing speed, productivity

SUMÁRIO

	Página
1	INTRODUÇÃO 1
1.1	Objetivo 1
1.1.1	Objetivos específicos: 1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 3
2.1	Cultura da soja 3
2.2	Velocidade de semeadura 3
2.3	Semeadura mecanizada e mecanismos dosadores de sementes 5
2.3.1	Dano mecânico nas sementes 7
2.4	Arranjo espacial de semeadura 8
2.4.1	Arranjo de semeadura em linhas paralelas (convencional) 9
2.4.2	Arranjo de semeadura com espaçamento reduzido e linhas duplas 10
2.4.3	Arranjo de semeadura cruzada 11
2.4.4	Semeadura agrupada 13
3	MATERIAL E MÉTODOS 15
3.1	Campo experimental 15
3.2	Delineamento experimental e descrição dos tratamentos 15
3.3	Preparo da Área Experimental 16
3.4	Semeadura e insumos utilizados 16
3.5	Máquinas e implementos agrícolas 18
3.6	Avaliações de características agronômicas 19
3.6.1	Germinação 19
3.6.2	Dano mecânico nas sementes 20
3.6.3	Índice de Velocidade de Emergência (IVE) 20
3.6.4	População inicial de plantas 20
3.6.5	Altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV) e diâmetro de haste (DH) 21
3.6.6	Número de ramos por planta (NR) e número de vagens por planta (NVP) 21
3.6.7	Teor de água dos grãos na colheita (TAGC) 21
3.6.8	Massa de mil grãos (MMG) 22
3.6.9	Produtividade de Grãos 22
3.6.10	Avaliação da incidência e severidade de ferrugens foliares 22

3.7	Avaliações de desempenho operacional da operação de semeadura	22
3.7.1	Distribuição longitudinal de sementes no arranjo espacial convencional de semeadura	22
3.7.2	Coefficiente de variação dos espaçamentos entre grupos de sementes	23
3.8	Análise estatística	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÕES	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

A soja apresenta enorme relevância no agronegócio brasileiro e figura como uma das mais importantes culturas em produção e comercialização de commodities do país. A demanda pelos grãos da cultura ocorre principalmente por ser fonte de proteína e óleo, sendo matéria prima para produção animal, alimentação humana e biocombustível. Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de soja, ultrapassando os Estados Unidos da América ao produzir 124,5 milhões de toneladas de grãos na safra 2019/2020.

O sucesso da produção brasileira de soja está diretamente relacionado com a interação entre tecnologias, boas práticas agrícolas e condições climáticas no sistema produtivo da cultura, abarcando as diversas áreas do conhecimento, desde a mecanização agrícola, fertilidade do solo e nutrição de plantas, controle de pragas e doenças, até o melhoramento genético de plantas. Dentre as diversas linhas de pesquisa envolvendo a cultura, o arranjo espacial de sementeira tem sido constantemente abordado como alternativa à possibilidade de incremento da produtividade.

O arranjo espacial de sementeira tem como premissa básica a maior interação entre plantas e recursos edafoclimáticos, seja pela adequação da população de plantas, distribuição delas na linha de sementeira ou disposição geométrica das linhas de sementeira na área de cultivo. Independente da adequação o arranjo espacial de sementeira, e conseqüentemente de plantas, visa o maior aproveitamento dos recursos naturais e impulsionamento do potencial produtivo das plantas. Diversas são as formas de arranjo espacial de sementeira para cultura da soja, dentre elas a convencional com linhas paralelas, a sementeira de linhas duplas, sementeira de linhas cruzadas e sementeira com espaçamento reduzido entre linhas, todas já exploradas por pesquisas e com considerável volume de informações disponibilizadas pela literatura científica.

Às citadas formas de arranjo espacial de sementeira de soja, acrescenta-se a sementeira agrupada, alternativa recentemente criada e utilizada por alguns produtores da região sul do Brasil, os quais, de maneira informal, tem reportado informações de ganhos de produtividade sem alteração da população de plantas e manejo de adubação, sendo necessária apenas a adequação e regulação da sementeira-adubadora para a deposição de grupos de sementes ao longo do sulco de sementeira.

1.1 Objetivo

O objetivo do trabalho foi avaliar as características agronômicas e o desempenho operacional da sementeira de soja com mecanismo dosador de sementes agrupado pneumático.

1.1.1 Objetivos específicos:

- Avaliar na cultura da soja as características agronômicas de altura de plantas, diâmetro de haste, número de vagens, peso de mil grãos, pressão de ferrugens foliares e produtividade de grãos de soja em arranjo espacial de sementeira agrupada e convencional.

- Avaliar o desempenho operacional do disco dosador de soja agrupada na distribuição longitudinal de grupos de sementes em diferentes velocidades.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da soja

A soja (*Glycine max* L.) é uma das *commodities* de maior importância do mercado de agrícola, sendo protagonista no setor agroindustrial por se tratar da oleaginosa mais consumida (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Segundo Henchion et al., (2014) e Rigo et al., (2015), a grande demanda dos grãos da cultura e seus derivados ocorre em função de ser matéria prima para produção de rações animal, principalmente aves, suínos e bovinos, biocombustíveis e alimentação humana. De acordo com Freitas et al., (2010), a importância agroindustrial e econômica da soja ocorre principalmente devido ao elevado teor de proteína dos grãos e derivados, propriedades antioxidantes, minerais, aminoácidos e também a extração de óleo vegetal, características que agregam diversidade de uso e valor à cultura.

Em termos numéricos o denominado “complexo soja”, compreendido por grãos, farelo e óleo, representou 13,82% das exportações totais brasileiras no ano de 2018, ocupando o primeiro lugar no ranking de produtos básicos exportados (BRASIL, 2020). De acordo com dados do 8º levantamento da safra de grãos pela CONAB (2020), na safra 2019/2020 a área semeada com soja foi de aproximadamente 36,8 milhões de hectares, com produção estimada de 122 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de 3266 kg ha⁻¹. A expansão da cultura atrai e movimenta diversos mercados como o de empresas de sementes, fertilizantes, defensivos, máquinas agrícolas e demais tecnologias, agregando importância econômica e social à toda cadeia envolvida na sojicultura (RHODEN et al., 2020).

Esta espécie é cultivada no território brasileiro desde a região Sul até a Norte, sendo disponíveis no mercado diversas cultivares adaptadas as diversas condições edafoclimáticas, oriundas de pesquisas e desenvolvimento tecnológico em genética, biotecnologia, sistemas de cultivo, mecanização agrícola, fertilidade e nutrição de plantas, controle de pragas e doenças (CÂMARA, 2011).

2.2 Velocidade de semeadura

De acordo com Balastreire (1987) e Pacheco et al., (1996), o principal fator que interfere negativamente na precisão do trabalho dos mecanismos dosadores e na distribuição equidistante das sementes no sulco é o excesso de velocidade da semeadora conjuntamente com a velocidade periférica do mecanismo dosador.

Devido ao excesso de velocidade, Mattar (2010) explica que o rolamento da roda motriz da semeadora pode reduzir e o deslizamento aumentar, fazendo com que a velocidade periférica do mecanismo dosador de sementes seja influenciada, dificultando o preenchimento dos alvéolos e ocasionando falhas na dosagem e distribuição das mesmas.

Reis et al., (2007) descrevem o intervalo entre 4 e 6 km h⁻¹ como o ideal para a semeadura utilizando mecanismos dosadores horizontais ou mecânicos, e de 6 a 10 km h⁻¹ para a semeadura com semeadoras que portam mecanismos dosadores pneumáticos, podendo haver diferenças nestes intervalos conforme a uniformidade do terreno.

Avaliando diferentes mecanismos dosadores de precisão para semeadora mecânica em três velocidades de semeadura, Correia et al., (2020) afirmam que para a semeadura de soja a velocidade de 4,5 km h⁻¹ proporciona maior índice de espaçamentos aceitáveis, e menor índice de falhas e duplas quando comparado com as velocidades de 6,2 e 8,2 km h⁻¹. Segundo os autores, utilizando o dosador Titanium (melhor desempenho), ao aumentar a velocidade de 4,5 para 6,2 e 8,2 km h⁻¹ houve uma redução de 5,2 e 7,4% respectivamente, no índice de precisão dos espaçamentos, já o dosador mecânico convencional indicou uma redução ainda maior, de 14,6 e 22,2% para as mesmas velocidades de semeadura, evidenciando que independentemente da tecnologia adotada, o aumento expressivo da velocidade de semeadura afeta negativamente a distribuição de sementes no sulco.

Segundo Carpes et al., (2017) a velocidade influencia também o deslocamento das sementes no tubo condutor. Os autores explicam que em condição de maior velocidade de semeadura as sementes adquirem um componente horizontal de deslocamento ao serem dispensadas dentro do tubo condutor em queda livre por efeito da gravidade, assim sofrem oscilações de direção (rebotes) dentro do tubo até atingirem o solo, aumentando o tempo de queda e podendo rolar ou saltar para fora do destino, ocasionando falhas e duplas. O ideal é que este componente horizontal oriundo da velocidade de semeadura seja diminuído ou excluído para que as sementes sejam depositadas no solo com a mínima possibilidade de rebotes dentro do tubo e de sair do local adequado, mantendo equidistância da anterior e da próxima.

Dias et al., (2014) avaliando diferentes mecanismos dosadores de disco horizontal e pneumático em quatro velocidades periféricas dos discos, variando de 0,09 a 0,38 m s⁻¹, verificaram que os dosadores horizontais apresentam maior sensibilidade tratando-se de espaçamentos aceitáveis, sendo que na maior velocidade podem haver diferenças de até 14,5% entre os dosadores. Machado e Reynaldo (2017) observaram que o mecanismo pneumático

apresenta precisão um pouco maior que o disco horizontal quando avaliados em condições de velocidades de semeadura mais elevadas, superior a 7 km h⁻¹.

Diante do exposto, Branquinho et al., (2004) expõe que a principal motivação para o produtor semear mais rapidamente é aumentar a capacidade de campo operacional, possibilitando a semeadura da segunda safra dentro das condições climáticas favoráveis.

O incremento da velocidade de semeadura impacta diretamente na capacidade de campo efetiva e capacidade de campo operacional, Amorim et al., (2019) concluíram que ao reduzir a velocidade de semeadura de 7,0 para 4,9 e 3,9 km h⁻¹ houve uma redução de 23 e 33,8% na capacidade de campo efetiva e de 23,5 e 34,7% na capacidade de campo operacional. Resultados como este evidenciam porque praticam-se operações de semeadura com velocidades acima do recomendado.

2.3 Semeadura mecanizada e mecanismos dosadores de sementes

Segundo Portella (1997), no processo de modernização da agricultura a operação de semeadura foi uma das primeiras a serem mecanizadas, sendo das mais importantes para o sucesso produtivo das culturas. De acordo com Schush e Peske (2012) e Bertelli et al., (2016), o sucesso da operação depende de elevada capacitação técnica aos quesitos relacionados a plantabilidade, incluindo conhecimentos da máquina semeadora, do preparo do solo, da cultura e sementes, recursos humanos e tecnologia da informação. Para os autores ignorar qualquer um dos fatores pode comprometer o potencial produtivo da cultura.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) classifica as máquinas para semeadura em semeadora ou semeadora-adubadora, diferenciadas pela presença somente de depósito e mecanismos dosadores de sementes ou também depósito e mecanismos dosadores de adubo respectivamente. As semeadoras ou semeadoras-adubadora são ainda subclassificadas em de precisão ou fluxo contínuo, conforme descrevem Mialhe (2012) e Júnior et al., (2014). Os autores definem de precisão as máquinas que distribuem as sementes individualmente no sulco de semeadura e a uma distância regular, em função da densidade de semeadura desejada e preestabelecida, as quais são apropriadas para semeadura de sementes graúdas como soja, milho, algodão, sorgo, feijão entre outras. As máquinas de fluxo contínuo são definidas por Balastreire (1987) como sendo aquelas distribuem as sementes de forma contínua e não unitária, em linhas com espaçamento predominantemente inferior a 35 centímetros, sendo este tipo de máquina indicada para semeadura de sementes miúdas, como culturas de inverno e pastagens.

Independentemente de qual tipo seja, Machado et al., (1996) descrevem que as máquinas para semeadura devem realizar adequadamente o corte da palhada, se em sistema plantio direto, a abertura do sulco de semeadura no solo; a dosagem e distribuição de sementes e adubo; a distribuição deles no sulco em profundidade desejada; cobrir com solo e compactar o sulco. Segundo Torino et al., (2002), qualquer uma das funções realizadas incorretamente pode ocasionar falhas na população e distribuição longitudinal de plantas, ocasionando desuniformidade na lavoura, plantas dominadas, competição com plantas daninhas, e perda de produtividade.

A função de distribuir sementes uma a uma pelas máquinas é realizada por mecanismos dosadores, e especificamente as de precisão podem ser do tipo disco horizontal ou mecânico, pneumático ou dedos prensores, sendo predominantes os mecânicos e pneumáticos, conforme Mialhe (2012).

De acordo com Portella (1997) e Mialhe (2012), o mecanismo dosador de disco horizontal possui menor custo e são os mais utilizados no Brasil. Segundo os autores o dosador é constituído de um disco com alvéolos vazados circulares ou de formatos especiais (furos), localizados concentricamente nas bordas do disco. Dependendo da máquina esse dosador pode ser posicionado na posição vertical ou inclinado, contudo, predomina na horizontal, em que é colocado na base inferior do reservatório de sementes e o funcionamento baseia-se na rotação do disco, onde cada furo deve ser preenchido com uma semente a qual é dispensada por um tubo condutor de sementes até o sulco de semeadura.

O dosador pneumático utiliza uma corrente de ar de sucção, originada por meio de uma turbina de ar (MACHADO, 1996). Mialhe (2012) explica que através da sucção por ar as sementes são captadas pelos alvéolos do disco, cujo diâmetro é ligeiramente menor que as sementes. Com as sementes presas aos alvéolos por sucção de ar e simultaneamente o disco em rotação, as sementes são dispensadas quando na posição do tubo condutor a sucção é interrompida e por gravidade são conduzidas até o sulco de semeadura.

Correia et al. (2014) salientam que independente do mecanismo dosador utilizado na semeadora-adubadora de precisão, a prioridade na semeadura deve ser a distribuição equidistante entre sementes no sulco, ou seja, os espaçamentos entre sementes devem ser homogêneos evitando falhas e duplas.

Considerando a classificação descrita, Weirich et al., (2012) descrevem que se corretamente reguladas e em velocidade ideal, as semeadoras podem apresentar índice de espaçamentos aceitáveis superior a 90%, denotando ótimo desempenho.

2.3.1 Dano mecânico nas sementes

Para que sejam alcançados altos índices de produtividade é necessário que as sementes tenham qualidade fisiológica suficiente para germinação, emergência e vigor (SCHUCH et al., 2009). No processo de semeadura as sementes podem sofrer danos mecânicos e terem sua qualidade comprometida.

De acordo com Popinigis (1985), dano mecânico pode ser definido como distúrbios causados à semente por forças destrutivas que ocorrem durante a produção, sejam elas na semeadura, colheita, trilha, transporte e beneficiamento. Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), os danos provocados nas sementes podem ser classificados como, danos físicos (visíveis) e danos fisiológicos (não visíveis), sendo os fisiológicos possíveis de serem analisados somente em laboratório.

Mahl (2006) relata que durante a operação de semeadura as sementes são expostas a condições adversas pela máquina que podem alterar suas características e estrutura física do tegumento. Segundo Albiero et al., (2012), o nivelamento da semeadora, capacidade do depósito de sementes, densidade de semeadura e velocidade periférica do dosador são alguns dos fatores que podem contribuir para a quebra, amassamento, fissuramento e lesão do tegumento das sementes.

De acordo com Balastreire (1987), mecanismos dosadores pneumáticos apresentam menor probabilidade de danificar as sementes durante a dosagem. Já dosadores mecânicos propiciam maior número de sementes quebradas indicando maior sensibilidade quando estão sendo semeadas sementes consideradas mais frágeis ou suscetíveis ao dano mecânico, assim para estes casos são recomendados os dosadores pneumáticos que, além de provocar menos dano mecânico nas sementes, dosam e distribuem-nas de maneira mais uniforme.

De acordo com Silva e Gamero (2010) quanto maiores as velocidades de semeadura, maiores as injúrias mecânicas nas sementes, fator que comprometeu a germinação das mesmas. Astanakulov (2020) ao avaliar materiais como borracha, plástico e metal, instalados em um mecanismo dosador de disco horizontal e diferentes rotações do disco dosador: 75, 100, 125 e

150 rpm concluiu que maiores rotações provocam maior porcentagem de sementes danificadas, potencializadas com o uso do disco e componentes do dosador fabricados de metal.

2.4 Arranjo espacial de sementeira

Modificações no arranjo espacial de sementeira tem sido tema de estudos em diversas regiões produtoras de soja, tanto no Brasil quanto nos Estados Unidos da América (BRUNS, 2011). Segundo Argenta et al., (2001), o arranjo espacial é um dos fatores que podem influenciar o desenvolvimento e a produtividade de culturas graníferas, interferindo na competição intra e interespecífica por nutrientes do solo, água e luz, e nas características morfofisiológicas das plantas.

De acordo com Silva et al., (2015), o arranjo espacial de culturas graníferas é obtido basicamente na operação de sementeira, podendo variar em função da densidade de sementes depositadas, distância entre linhas e disposição geométrica entre as linhas e sementes na linha.

Para a cultura da soja, Mundstock e Thomas (2005) descrevem que alterações no arranjo espacial de sementeira por população de plantas e/ou disposição geométrica das linhas podem interagir de forma a alterar características agrônômicas como número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade. Além dessas, Balbinot Junior et al., (2015) e Werner et al., (2016) citam que a competição por recursos naturais disponíveis pode alterar a velocidade de desenvolvimento das plantas e fechamento dos espaços entre linhas, altura e engalhamento das plantas, incidência de plantas daninhas, pragas e doenças, penetração das gotas de pulverização com defensivos agrícolas, acamamento de plantas e qualidade dos grãos a serem colhidos.

Contudo, Rezende et al., (2004) ressaltam que a soja é uma cultura com característica de alta plasticidade intraespecífica, capaz de manter a produtividade de grãos mesmo com alguma variação da população e distribuição longitudinal de plantas. A plasticidade da cultura é definida como a capacidade que a planta tem de se adaptar às condições espaciais e ambientais em que ela está submetida, alterando sua morfologia e outros componentes relacionados ao seu rendimento em decorrência da competição intraespecífica imposta pelo arranjo (COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES, 1994 e PIRES et al., 2000).

De acordo com Ferreira et al., (2016) a plasticidade da cultura possui limite de compensação para competição, sendo importante que a densidade de sementeira seja corretamente definida e praticada em função recomendação agrônômica da cultivar, respeitando

a população de plantas indicada para o período e região, caso contrário, perda de produtividade e prejuízos podem ocorrer. Avaliando os efeitos da plasticidade da soja em diferentes cultivares e populações de plantas, que variaram de 150 à 450 mil sementes ha⁻¹, Büchling et al., (2017) afirmam que a produtividade média das cultivares estudadas foi pouco ou inalterado para o aumento da população de plantas, sendo que na menor delas (150 mil plantas ha⁻¹) foi possível obter-se redução no custo de semeadura e produção sem afetar a rentabilidade econômica.

Devido principalmente ao elevado custo das sementes ocorre interesse em aperfeiçoar o arranjo espacial de plantas para induzir e melhor explorar a plasticidade fenotípica da soja. Assis et al., (2014) esclarecem que existem diferentes combinações possíveis para arranjar espacialmente as plantas no campo pela operação de semeadura, e que a melhor forma de fazê-la é teoricamente a que apresente maior aproveitamento dos recursos disponíveis e os convertam em produtividade, devendo também ser economicamente viável.

Freitas et al., (2010) atentam que o aumento da quantidade de plantas por hectare por exemplo, pode não resultar em maior produtividade e ser economicamente inviável. Entretanto, Cruz et al., (2016) evidenciaram que com o aumento da densidade de semeadura houve aumento do número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade.

Segundo Silva et al., (2015), os arranjos espaciais de semeadura de soja já conhecidos são o convencional, o de espaçamento reduzido, de linhas duplas e o de linha cruzadas. Além desses, recentemente uma empresa fabricante de peças agrícolas e alguns produtores da região sul do Brasil principiaram a semeadura agrupada de soja, arranjo espacial ainda desprovido de informações técnico-científicas.

2.4.1 Arranjo de semeadura em linhas paralelas (convencional)

De acordo com EMBRAPA (1997) o arranjo convencional caracteriza-se por linhas de semeadura dispostas paralelamente e espaçadas entre 0,4 e 0,6 m, sendo 0,5 m o mais utilizado pela facilidade de adequação das máquinas tanto de semeadura como de pulverizações e colheita.

A partir da introdução da ferrugem asiática no Brasil e a elevada dificuldade em proteger as folhas do baixeiro, que são as precursoras da infecção, espaçamentos inferiores à 0,4 m passaram a ser menos utilizados devido a baixa assertividade das gotas pulverizadas no alvo para o devido controle, além de que espaçamentos entre fileiras super adensados inviabilizam operações de cultivo devido às perdas por amassamento (GARCIA et al., 2007).

Em espaçamentos entrelinhas muito estreitas, inferiores a 0,45 m, pode-se obter maiores rendimentos de grãos Rambo et al., (2003); Modolo et al., (2016); Carmo et al., (2018), entretanto o adensamento das linhas de semeadura promove um microclima favorável para o desenvolvimento de patógenos, que aproveitam o microclima com baixa amplitude térmica e alto molhamento foliar para completarem seu ciclo, incluindo a germinação e infecção das plantas hospedeiras (BALARDIN, 2002).

Para efeito, Balbinot Junior et al., (2015) ao estudarem os espaçamentos de 0,3, 0,45 e 0,6 m entrelinhas de semeadura para a cultura da soja, divergem de alguns estudos previamente realizados. Os autores afirmam que o de 0,45 m foi o que apresentou maior produtividade de grãos, e que os demais não diferiram entre si, apresentando valores estatisticamente iguais, demonstrando que o espaçamento entrelinhas mais adensado não proporcionou maior rendimento de grãos.

2.4.2 Arranjo de semeadura com espaçamento reduzido e linhas duplas

Conforme Assis et al., (2014), o arranjo com espaçamento reduzido é utilizado idealizando aumentar a população de plantas por hectare e assim aumentar a produtividade de grãos. É caracterizado por linhas de semeadura dispostas paralelamente, sendo o espaçamento entre elas reduzido para valores inferiores a 0,4 m.

De acordo com Silva et al., (2013) uma das vantagens de reduzir o espaçamento entre linhas de semeadura é a capacidade de conter a emergência das plantas daninhas pelo rápido fechamento e adensamento foliar da cultura, diminuindo a incidência de luz às daninhas e competição interespecífica.

De acordo com Walker et al., (2010), cultivares de soja precoce e tardia se comportam diferente no arranjo de espaçamento reduzido, com a precoce o rendimento de grãos das plantas foi maior, para os autores as cultivares de menor ciclo geralmente apresentam maior ramificação, assim podem fotossintetizar mais que cultivares tardia de menor ramificação.

Alguns fatores contribuem para este arranjo não ser amplamente utilizado no Brasil, são eles a falta de consolidação técnico-científica e semeadoras de precisão adequadas para espaçamento entre linhas inferior a 0,4 m (PROCÓPIO et al., 2014).

Segundo Bruns (2011), nos EUA existem plantios em que a semeadura é realizada com linha dupla, diminuindo pela metade o espaçamento entre linhas, onde há um espaçamento menor entre duas linhas paralelas e outro maior para o espaçamento entre as duas linhas

seguintes e assim sucessivamente. Esse autor constatou que a linha dupla proporciona um melhor aproveitamento da luz solar e de defensivos agrícolas na extensão da planta, viabilizando a fotossíntese e o controle de plantas daninhas, podendo interferir positivamente na produtividade de grãos.

Cruz et al., (2016) comparando o arranjo convencional e linha dupla, concluíram que a única característica agrônômica que apresentou diferença foi a altura de plantas, sendo menor a em linha dupla. Sobre produtividade de grãos os autores não verificaram diferença entre os arranjos.

Segundo Tavares et al., (2019), utilizando uma semeadora de precisão para realizar a semeadura com espaçamento em linha dupla com distância entre linhas de 0,20 m e 0,60 m para as próximas linhas duplas, encontraram que este é o método que obteve maior rendimento de grãos, rentabilidade e custo/benefício, sendo uma alternativa viável para o novo arranjo de plantas.

Um dos motivos que pode interferir na utilização do arranjo em linha dupla é descrito por Vitorino et al., (2017), que avaliando a incidência de ervas daninhas no arranjo de semeadura de sete em sete dias após a emergência das plantas em linhas simples e duplas, afirmam que a necessidade de controle destas se estende ao utilizar o novo método de arranjo, pois em cinco das sete avaliações foram contabilizadas maior incidência de ervas no arranjo em linha dupla, aumentando a demanda de controle e conseqüentemente o custo de produção.

2.4.3 Arranjo de semeadura cruzada

De acordo com Lima et al., (2012), Silva et al., (2015) e Rocha et al., (2018), o arranjo de semeadura com linhas cruzadas ou simplesmente semeadura cruzada consiste em linhas de semeadura dispostas perpendicularmente, sendo sua origem a partir da observação de linhas sobrepostas da bordadura de talhões ou glebas. Para disposição deste arranjo são necessárias duas operações de semeadura sobre a mesma área, sendo a segunda em sentido perpendicular a primeira, sobrepondo as linhas em aproximadamente 90°.

A semeadura cruzada pode ser realizada de diferentes formas, podendo ocorrer o aumento considerável do número de plantas na área, pois a operação é realizada duas vezes, dobrando a quantidade de sementes e fertilizantes depositados no solo que são previamente propostas pela empresa produtora das sementes (LIMA et al., 2012). Outra forma de realizar o arranjo cruzado

é a partir do posicionamento de metade das sementes em um sentido e a outra metade no sentido perpendicular à primeira operação de semeadura (BABOLIM et al., 2014).

Segundo Lima et al., (2012), o principal entrave operacional e econômico do arranjo é a demanda de tempo e custo operacional dobrados da semeadura por área, bem como o consumo dobrado de sementes caso a densidade de semeadura recomendada não seja reduzida em 50% para cada sentido de semeadura. Babolim et al., (2014) sugerem que para evitar excesso populacional de plantas e conseqüentemente problemas fitossanitários, seja realizada a regulação da semeadora de forma que a densidade desejada para a cultivar seja atingida somente com a segunda passada da máquina. O mesmo pode ser adotado para adubação no sulco de semeadura. Bianchi et al., (2010) sugerem que seja mantida a população convencional de plantas determinada para a cultivar, e que seja apenas realizado o rearranjo das plantas através de linhas de semeadura perpendiculares.

Silva et al., (2015), reforçam ainda que o arranjo oferece insegurança temporal para situações de maior área de cultivo e segunda safra planejada, devido ao desempenho operacional da semeadura ser 50% reduzido e a produtividade não ser suficientemente maior para ser economicamente viável. Além disso, Balbinot Junior et al., (2014) citam que a semeadura cruzada pode representar risco a conservação do solo, a sobrepassada de semeadora ocasiona maior revolvimento do solo e risco de erosão. Procópio et al., (2013) abordam que duas passadas com trator/semeadora favorece maior compactação do solo por uma mesma operação em curto espaço de tempo, e que esse processo acelera a necessidade de intervenção mecânica para descompactação, operação conhecidamente onerosa.

Riquetti (2014) ressalta ainda que o cruzamento das linhas de semeadura pelos mecanismos de abertura de sulco da semeadora acaba por incorporar maior quantidade de palhada, tornando o solo mais exposto. O autor descreve ainda que ao cruzar as linhas de semeadura ocorre o descobrimento e exposição de sementes depositadas na primeira semeadura, acarretando prejuízos a germinação, população de plantas e econômicos.

Para Rocha et al., (2018), outro fator a ser considerado é que a semeadura cruzada reduz os espaçamentos entre plantas e, em caso de aumento no número de plantas por hectare, cria-se um microclima resultando maior suscetibilidade da cultura ao ataque de pragas e doenças, sendo assim inspeções e pulverizações de defensivos são mais frequentes na área.

Em uma pesquisa comparando semeadura convencional e cruzada com a manutenção da população recomendada e dobrando a mesma em dois espaçamentos entrelinhas, Babolim et al.

(2014) verificaram que não houveram diferenças produtivas entre os métodos utilizados, não justificando duas semeaduras para o modelo cruzado.

Comparando a rentabilidade da semeadura cruzada e convencional, Silva et al., (2015) concluíram que a cruzada não é economicamente vantajosa, pois mesmo obtendo aumento da produtividade o custo é suficientemente maior para redução da receita líquida. O mesmo foi constatado por Tavares et al., (2019), que afirma ser menor a relação custo benefício da semeadura cruzada.

Contudo, Bianchi et al., (2010) citam que o arranjo de semeadura cruzada proporciona às plantas de soja melhor aproveitamento de luz e nutrientes, além de auxiliar no controle de plantas daninhas pelo rápido recobrimento do solo por sombreamento.

2.4.4 Semeadura agrupada

De acordo com Balbinot Junior et al., (2017), a semeadura agrupada de soja é uma alternativa de arranjo espacial para a cultura. A técnica consiste na distribuição longitudinal de grupos de sementes no sulco de semeadura, podendo variar a quantidade de sementes por grupo.

Uma das formas de semeadura agrupada descrita por Santos et al., (2018) é o aumento linear do espaçamento entre sementes a cada semente adicionada ao grupo, aumenta-se de forma proporcional a distância entre os grupos de forma equidistante. No estudo realizado a fim de avaliar os efeitos do arranjo agrupado, os autores utilizaram as distâncias de oito centímetros para cada semente depositada, ou seja, para cada semente adicionada ao grupo de sementes, oito centímetros foram acrescentados no espaçamento entre grupos, assim até o espaçamento de 40 centímetros para cinco sementes depositadas no sulco de semeadura. Os autores ressaltam que neste novo arranjo não há alteração da população de plantas, na adubação ou qualquer trato cultural, as plantas apenas são semeadas em conjunto no sulco de semeadura ou em covas.

Ao fim de três experimentos sobre agrupamento de soja com diferentes densidades de sementes por grupo, Balbinot Junior et al., (2018) verificaram que ao elevar acima de 4 km h^{-1} a velocidade de semeadura, os grupos não são bem formados sendo a velocidade um fator limitante desta técnica. Como fator positivo para a implantação desta forma de semear, os autores avaliam que em condições de solo com selamento superficial o agrupamento de sementes pode viabilizar a emergência das plântulas.

Bisinella e Simonetti (2017) avaliando duas cultivares de soja em semeadura agrupada e convencional (equidistante) encontraram que a massa de mil grãos e a produtividade foram

maiores no arranjo agrupado, os autores encontraram valores médios de produtividade de grãos 321 kg ha^{-1} superiores no método de arranjo agrupado.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Campo experimental

O experimento foi conduzido à campo durante o ano agrícola 2019/2020, em área de produção de soja da Fazenda Santa Maria, localizada no município de Unaí/MG, sobre as coordenadas geográficas 16°34'43.8"S e 47°10'02.7"W.

Conforme classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw, caracterizado como tropical de estação chuvosa e quente entre os meses de outubro a abril, e estiagem e seca entre maio e setembro. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, conforme EMBRAPA (1999).

3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2 x 3, sendo dois arranjos espaciais de semeadura (mecanismos dosadores de sementes convencional e agrupado) e três velocidades de semeadura (4,5; 5,2 e 6 km h⁻¹), perfazendo seis tratamentos com quatro repetições cada.

Os tratamentos foram identificados como:

- T1: Semeadura agrupada e velocidade de 4,5 km h⁻¹;
- T2: Semeadura agrupada e velocidade de 5,2 km h⁻¹;
- T3: Semeadura agrupada e velocidade de 6,0 km h⁻¹;
- T4: Semeadura convencional e velocidade de 4,5 km h⁻¹;
- T5: Semeadura convencional e velocidade de 5,2 km h⁻¹;
- T6: Semeadura convencional e velocidade de 6,0 km h⁻¹.

Os tratamentos foram distribuídos em parcelas experimentais conforme ilustra a Figura 1.

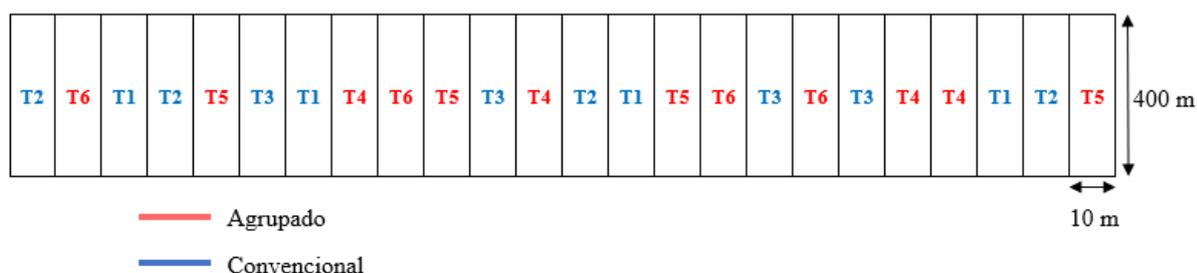


Figura 1. Croqui das parcelas experimentais.

A área útil por parcela foi dimensionada com 2,5 m de largura por 10 m de comprimento, totalizando 25 m², onde foram realizadas todas as avaliações do trabalho.

3.3 Preparo da Área Experimental

A área experimental foi preparada para semeadura sob sistema plantio direto, sendo a vegetação dessecada 30 dias antes da semeadura com os herbicidas DMA (2,4-D, sal dimetilamina 806 g L⁻¹), Zethamaxx (Imazetapir 212 g L⁻¹ + Flumioxazina 100 g L⁻¹) e Roundup Original DI (Glifosato 445 g L⁻¹), nas doses recomendadas: 1,5; 0,4 e 2,5 L ha⁻¹, respectivamente.

A palhada da área foi formada predominantemente por resíduos da colheita de soja da safra anterior e vegetação espontânea. O cultivo da cultura na respectiva área foi realizado pelo segundo ano consecutivo, após histórico de diferentes espécies de pastagens do gênero *Brachiaria*.

3.4 Semeadura e insumos utilizados

O experimento foi semeado no dia 15/11/2019 e os insumos utilizados foram: sementes de soja da cultivar BRS 7980, grupo de maturidade 7.9, hábito de crescimento determinado e ciclo de 104 a 120 dias, semeadas com distância entrelinhas de 0,5 m, densidade de semeadura de 12 sementes por metro, e população final desejada de 240.000 plantas ha⁻¹, conforme recomendação para a região do produtor de sementes. O fertilizante utilizado para adubação de base foi o fosfato monoamônico (MAP), na dosagem de 150 kg ha⁻¹ feita no sulco durante a semeadura pelo mecanismo sulcador do tipo haste.

Foi obtido percentual de germinação médio de 98% no lote de sementes utilizado para a semeadura do experimento.

As sementes foram tratadas em pré semeadura com Standak Top (25 g L⁻¹ de Piraclostrobina + 225 g L⁻¹ de Tiofanato metílico + 250 g L⁻¹ de Fipronil), Quality (*Trichoderma asperellum* na concentração mínima de 1,0 x 10¹⁰ UFC g⁻¹), Rizos (*Bacillus subtilis* UFPEDA 764), Onix (250 g L⁻¹ de Fipronil), Azos (*Azospirillum brasiliense* na concentração mínima de 1 x 10⁸ UFC mL⁻¹), Starfix (*Bradyrhizobium japonicum* na concentração mínima de 5 x 10⁹ UFC mL⁻¹) e CoMoNi (1,40 g L⁻¹ de Cobalto, Molibdênio e Níquel). Após tratadas e secas foi adicionado 7 g de grafite kg⁻¹ de semente.

A figura 2 ilustra o arranjo de plantas de soja em semeadura agrupada na velocidade de 4,5 km h⁻¹ aos 20 dias após a semeadura.



Figura 2. Plantas de soja em arranjo de semeadura agrupado.

Os produtos fitossanitários utilizados durante o ciclo da cultura são detalhados na tabela 1.

Tabela 1. Produtos fitossanitários utilizados durante o ciclo da cultura.

Classe	Nome comercial	Ingrediente Ativo	Quantidade de Aplicações
Herbicidas	Zethamaxx	Sal de nicotinic acid 212 g L ⁻¹ , Equivalente ácido de imazetapir 200 g L ⁻¹ , Flumioxazina 100 g L ⁻¹ .	1
	Crucial	Sal de isoprpopilamina de glifosato 400,80 g L ⁻¹ , Sal de potássio de glifosato 297,75 g L ⁻¹ , Equivalente de ácido de glifosato 540 g L ⁻¹ .	1
	Poquer	Cletodim 240 g L ⁻¹ .	1
	Naja	Lactofem 240 g L ⁻¹ , Xileno 596 g L ⁻¹ .	3
	Classic	Clorimuron etílico 250 g kg ⁻¹ .	3
	Imazetapir Nortox	Imazetapir sal amônio 212 g L ⁻¹ , Imazetapir g L ⁻¹ .	2
	Drible	Lactofen 240 g L ⁻¹ .	2
Inseticidas	Barão	Fipronil 800 g kg ⁻¹ .	1
	Perito 970 sg	Acefato 970 g kg ⁻¹ .	2
	Ampligo	Lambda-Cialotrina 50 g L ⁻¹ , Clorantraniliprole 100 g L ⁻¹ .	1
	Decis 25 ec	Deltametrina 25 g L ⁻¹ .	2
	Platinum Neo	Tiametoxam 141g L ⁻¹ , Lambda-cialotrina 106 g L ⁻¹ e Nafta de petróleo 72,76 g L ⁻¹ .	1

Fungicidas	Orkestra	Fluxapiroxade 167 g L ⁻¹ , Piraclostrobina 333 g L ⁻¹ .	1
	Status	Oxicloreto de cobre 588 g L ⁻¹ , Equivalente em cobre metálico 350 g L ⁻¹ .	1
	Bravonil	Clorotalonil 500 g L ⁻¹	1
	Nomolt 150	Teflubenzurom 150 g L ⁻¹ .	1
	Bula Fox	Trifloxistrobina 150 g L ⁻¹ , Protioconazol 175 g L ⁻¹ .	1
	Bravonil 720	Clorotalonil 720 g L ⁻¹ .	1
	Opera Ultra	Piraclostrobina 130 g L ⁻¹ , Metconazol 80 g L ⁻¹ .	2
Óleo mineral	Assist	Óleo mineral 756 g L ⁻¹ .	6
Adjuvante	Nano	Emulsão de silicone ativo 199,5 g L ⁻¹ e Emulsificante 21 g L ⁻¹ .	4
	Fhosfix	P ₂ O ₅ 20%.	3
Fertilizantes Foliares	BioAmino	K ₂ O 2,6%	2
	Humicbor	Boro 9%, Potássio 1%, Carbono orgânico total 6%	2

3.5 Máquinas e implementos agrícolas

As máquinas e implementos utilizados foram:

- Semeadura: semeadora-adubadora marca John Deere, modelo JD2122 CCS, ano 2017 configurada com 20 unidades de semeadura espaçadas em 0,5 m, mecanismo dosador do tipo pneumático, reservatório central de sementes com capacidade para 1700 kg, reservatório múltiplo para adubo com capacidade de 4800 kg, mecanismos sulcadores para adubo do tipo haste e mecanismos sulcadores para sementes do tipo disco duplo em “V” – Walking System™. Para tracionar a semeadora-adubadora foi utilizado um trator marca John Deere, modelo 7225J 4x2 TDA, cabinado, ano 2017 motor a diesel de 165,6 kW (225cv) de potência, transmissão automática AutoQuad®, peso total de 12400 kg, piloto automático e sistema GreenStar® 10,8 pol integrado de fábrica utilizado para o monitoramento de localização geográfica, velocidade de deslocamento, rendimento operacional, consumo horário de combustível, deposição de sementes e fertilizantes, entre outros.

- Pulverização: pulverizador autopropelido marca John Deere, modelo 4730 4x4, motor a diesel de 182 kW (245cv) de potência, transmissão hidrostática, tanque com capacidade para 3.028 L, barra de pulverização de 30 m de largura, 61 bicos espaçados em 0,5 m, cabine com monitor modelo GS3 2630 e receptor GPS SF3000 integrados de fábrica.

- Operações auxiliares: trator marca John Deere, modelo 6125J 4x2 TDA, cabinado, ano 2017, 92 kW (125cv) de potência; carreta tanque (pipa) marca Mepel, modelo CARTBB com capacidade para 18000 litros; e reboque graneleiro marca Stara, modelo Ninja 16000, com capacidade de carga de 16 m³. Os maquinários descritos foram utilizados para suprimento de água e insumos sólidos nas operações de pulverização e semeadura, respectivamente.

Os tratamentos T4, T5 e T6 foram semeados utilizando discos dosadores de sementes convencional (Figura A), com furos de 4,7 mm de diâmetro cada, dispostos um a um, próximos a extremidade do disco, perfazendo uma sequência (fileira) com 36 furos. Os tratamentos T1, T2 e T3 foram semeados utilizando discos dosadores de sementes da marca Scherer, modelo JDS-SA3645 “soja agrupado” (Figura B), com furos de 4,5 mm de diâmetro cada, separados em grupos de orifícios dispostos radialmente do centro para extremidade do disco, perfazendo o total de nove grupos com quatro orifícios cada, totalizando 36 furos por disco.

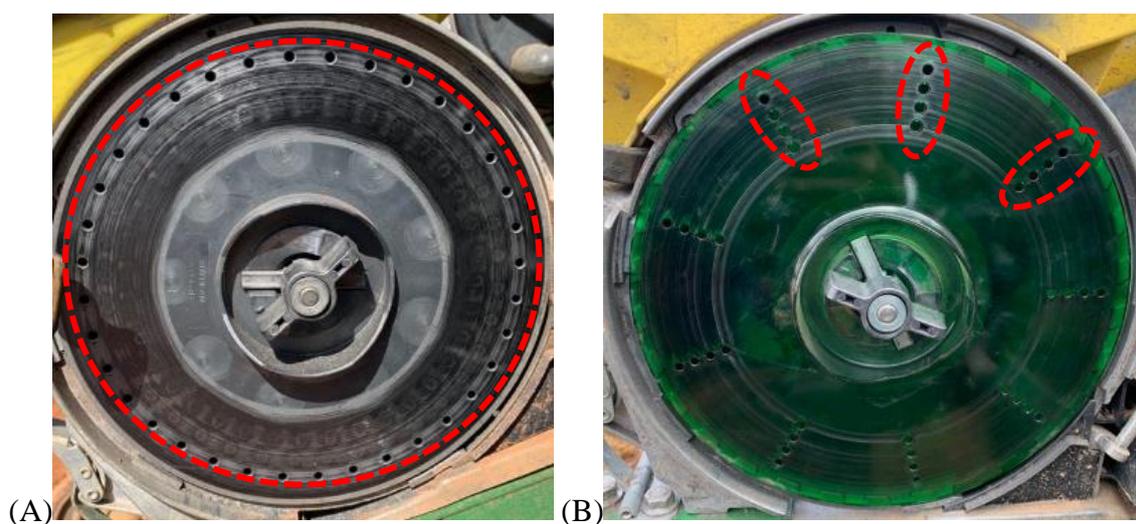


Figura 3. Discos dosadores de sementes, (A) convencional e (B) agrupado.

3.6 Avaliações de características agronômicas

3.6.1 Germinação

O teste de germinação foi realizado imediatamente antes da semeadura conforme metodologia de sementes em papel Germitest descrita na Regra de Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009). Foram realizadas quatro repetições com 50 sementes cada, distribuídas em papel Germitest previamente umedecido com água na quantidade de 12,5 vezes o peso do papel. Após umedecido, o papel com as sementes foi enrolado e colocado em câmara germinadora na temperatura de 20°C por 10 dias. Ao fim do período foi realizada a contagem manual das sementes germinadas e determinado o percentual de germinação.

3.6.2 Dano mecânico nas sementes

O teste de dano mecânico foi realizado em sementes de soja não dosadas (Testemunha), dosadas por disco dosador convencional e disco dosador agrupado nas três velocidades de semeadura, sendo realizadas quatro repetições para cada tratamento. A coleta das sementes foi realizada durante a semeadura, em percurso de 20 metros de deslocamento do conjunto trator-semeadora, a partir da instalação de embalagens de papel, de dimensões 10 cm x 30 cm, nas duas linhas centrais da semeadora-adubadora, sendo estes posicionados abaixo do local em que os discos dosadores dispensam as sementes, substituindo o tubo condutor.

Após coleta, o índice de dano mecânico foi determinado pelo método de imersão total das sementes por dez minutos em hipoclorito de sódio a 5,25% em água, conforme metodologia proposta por Krzyzanowski et al. (2004). Foram utilizadas 100 sementes por repetição, e após o período de imersão elas foram retiradas da solução, espalhadas em papel toalha e avaliadas conforme aspecto indicativo de dano, sendo os dados expressos em percentual de sementes danificadas.

3.6.3 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

Os dados de IVE foram obtidos pela contagem das plântulas de soja contidas na parcela útil, às 7h00 durante sete dias consecutivos. Para contagem foram consideradas plântulas com os cotilédones acima da superfície do solo. A avaliação foi finalizada quando o número de cotilédones contabilizados se estabilizou por dois dias consecutivos.

Os dados obtidos foram submetidos a Equação 1 proposta por Maguire (1962).

$$IVE = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + \dots + (G_n/N_n) \quad (1)$$

Em que:

I.V.E. = índice de velocidade de emergência;

G = número de plântulas normais computadas nas contagens;

N = número de dias da semeadura à 1ª, 2ª... enésima avaliação.

3.6.4 População inicial de plantas

A população inicial de plantas de soja foi determinada pela contagem manual do número de plantas da parcela útil aos 20 dias após a semeadura (DAS), e os dados extrapolados e convertidos para plantas por hectare (pl ha⁻¹).

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

Os dados de AP e AIPV foram obtidos a partir da medição, com régua de precisão de 0,001 m, a distância entre a superfície do solo e o ápice da planta de soja, e superfície do solo e inserção da primeira vagem respectivamente.

Os dados de DH foram obtidos com paquímetro digital de precisão 0,01 mm, medindo a haste principal de cada planta a cinco centímetros da superfície do solo.

As avaliações foram realizadas nas plantas contidas na parcela útil, quando a cultura atingiu estágio de maturação R5.

3.6.6 Número de ramos por planta (NR) e número de vagens por planta (NVP)

Os dados de NR e NVP foram obtidos por contagem manual. As avaliações foram realizadas na parcela útil, quando a cultura atingiu estágio de maturação R5.

3.6.7 Teor de água dos grãos na colheita (TAGC)

O TAGC foi determinado pelo método padrão da estufa proposto pela RAS (BRASIL, 2009), em que 100 g de grãos foram inicialmente pesados, submetidos a secagem em estufa com temperatura de 105±3°C durante 24 horas e novamente pesados para determinação da umidade contida nos grãos. Os dados foram submetidos a Equação 3 e o TAGC dado em porcentagem.

$$TAGC(\%) = \left(\frac{PU-PS}{PU-T} \right) \times 100 \quad (3)$$

Em que:

TAGC = teor de água dos grãos na colheita (%);

PU = peso dos grãos úmidos (g);

PS = peso dos grãos secos (g);

T = tara do recipiente de pesagem dos grãos (g).

3.6.8 Massa de mil grãos (MMG)

Foi realizada a contagem e pesagem, em balança de precisão 0,001 g, de quatro repetições de 1000 grãos por parcela, sendo a MMG dada com o TAGC corrigido para 13%, conforme metodologia da RAS (BRASIL, 2009) e Cruz et al. (2010).

3.6.9 Produtividade de Grãos

A produtividade de grãos dos diferentes tratamentos foi determinada a partir da colheita manual das plantas contidas na parcela útil, as plantas foram debulhadas e a massa de grãos aferida em balança de precisão 0,001 g com umidade da massa de grãos corrigida para 13%.

3.6.10 Avaliação da incidência e severidade de ferrugens foliares

A avaliação foi iniciada no estágio fenológico R1 e a partir desse foram realizadas outras quatro avaliações em intervalos regulares de sete dias, findando no estágio R5.

Do terço inferior e médio de 10 plantas de soja por parcela, foram coletados 3 trifólios, os quais foram submetidos à avaliação de severidade da doença pela metodologia adaptada de comparação visual com a escala diagramática proposta por Godoy et al. (2006). A escala diagramática ilustrada na Figura 4, possui notas atribuídas para as diferentes severidades de doenças, variando entre 0,6 e 78,5%.

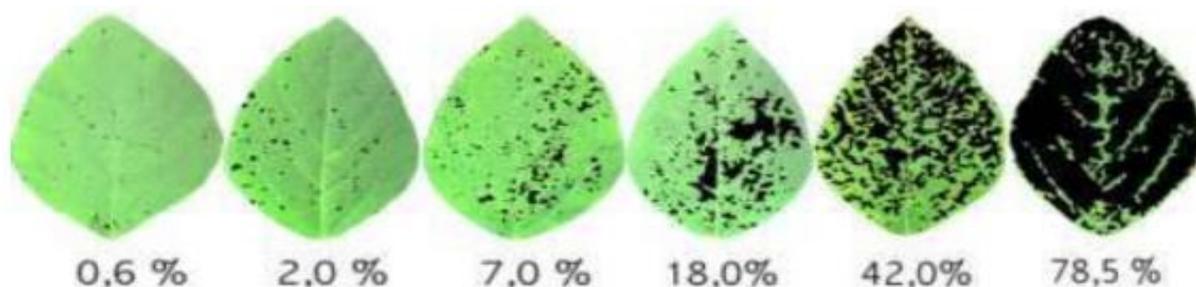


Figura 4. Escala diagramática para avaliação de severidade de ferrugens foliares da soja (GODOY et al., 2006).

3.7 Avaliações de desempenho operacional da operação de semeadura

3.7.1 Distribuição longitudinal de sementes no arranjo espacial convencional de semeadura

A avaliação da distribuição longitudinal de sementes no arranjo convencional foi realizada conforme norma da ABNT (1994), medindo-se os espaçamentos entre as plantas contidas na parcela útil, a partir disso os espaçamentos foram classificados, sendo considerados aceitáveis

quando as sementes se encontram entre 0,5 e 1,5 vezes o espaçamento referência desejado para a semeadura (X_{ref}), os espaçamentos menores que $0,5 \times X_{ref}$ são considerados duplos e os maiores que $1,5 \times X_{ref}$ considerados falhos. Com espaçamento referência de 8,3 cm entre plantas, os espaçamentos foram classificados conforme a tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos espaçamentos entre plantas para o arranjo de semeadura convencional.

Classificação dos espaçamentos	
Aceitáveis	$4,1 \text{ cm} < \text{EEP} < 12,5 \text{ cm}$
Falhos	$\text{EEP} > 12,5 \text{ cm}$
Duplos	$\text{EEP} < 4,1 \text{ cm}$

EEP: Espaçamento entre plantas.

3.7.2 Coeficiente de variação dos espaçamentos entre grupos de sementes

Para a avaliação da acurácia na distribuição longitudinal entre grupos de semente no arranjo espacial agrupado de semeadura, foram medidas as distâncias entre plantas e grupos de plantas contidos na parcela útil, e os dados foram submetidos a determinação do coeficiente de variação dos espaçamentos para cada parcela, conforme metodologia adaptada de Kurachi et al., (1989).

$$\text{CVEG (\%)} = \frac{S}{X} \times 100$$

Em que:

CVEG = coeficiente de variação do espaçamento entre grupos de sementes (%)

S = desvio padrão de todos os espaçamentos entre plantas ou entre grupos de plantas (cm);

X = média de todos os espaçamentos entre plantas ou entre grupos plantas (cm).

3.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e realizado o desdobramento das interações, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P \leq 0,05$). O software estatístico utilizado foi o Agroestat (BARBOSA & MALDONADO, 2010), versão 1.1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos neste trabalho são apresentados e discutidos a seguir.

Os dados apresentados nas Tabelas 3 e 4 são referentes ao resumo da anova para as variáveis relacionadas às características agronômicas da cultura da soja e ao desempenho operacional da operação de semeadura, respectivamente. Para a variável incidência e severidade de ferrugens foliares o fator “A” refere-se ao arranjo de semeadura e o fator “B” aos terços médio e inferior das plantas de soja.

Tabela 3. Resumo da ANOVA as variáveis de características agronômicas da soja, índice de velocidade de emergência (IVE), população inicial de plantas (POP), altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), diâmetro de haste (DH), número de ramos (NR), número de vagens por planta (NVP), massa de mil grãos (MMG), produtividade de grãos (PROD) e incidência e severidade de ferrugens foliares (IF).

ANOVA							
Fator	VS (A)	AS (B)	AxB	Média	CV(%)	DMS ^A	DMS ^B
IVE	0,49 ^{NS}	48,90 ^{**}	4,79 [*]	60,02	5,12	3,92	2,64
POP	0,42 ^{NS}	17,69 ^{**}	2,05 ^{NS}	101,58	6,69	8,67	5,82
AIPV	0,31 ^{NS}	11,62 ^{**}	0,38 ^{NS}	17,11	26,13	1,66	1,14
AP	7,22 ^{**}	41,50 ^{**}	18,88 ^{**}	84,15	12,43	3,92	2,67
DH	12,64 ^{**}	7,98 ^{**}	14,31 ^{**}	7,41	17,30	0,48	0,33
NR	0,99 ^{NS}	15,93 ^{**}	1,66 ^{NS}	8,93	27,50	0,92	0,63
NVP	30,08 ^{**}	0,09 ^{NS}	12,01 ^{**}	50,88	35,60	6,75	4,60
MMG	6,29 ^{**}	15,98 ^{**}	5,56 [*]	187,10	2,36	5,63	3,78
PROD	2,56 ^{NS}	42,60 ^{**}	8,02 ^{**}	3731,82	9,60	457,03	307,19
IF	1,51 ^{NS}	0,04 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,96	140,4	0,54	0,76

*: significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade. **: significativo pelo Teste F ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade. VS: velocidade de semeadura. AS: arranjo de semeadura. CV: coeficiente de variação. DMS^A: diferença mínima significativa para o fator A. DMS^B: diferença mínima significativa para o fator B.

Tabela 4. Resumo da ANOVA para o desempenho operacional da semeadura de soja, índice de dano mecânico nas sementes (DM), distribuição longitudinal de sementes (DLS) e coeficiente de variação do espaçamento entre grupos de sementes (CVEG).

ANOVA							
Fator	VS (A)	AS (B)	AxB	Média	CV(%)	DMS ^A	DMS ^B
DM	0,64 ^{NS}	0,82 ^{NS}	0,82 ^{NS}	0,54	124,99	0,8	0,58
DLS	0,22 ^{NS}	-	-	48,46	17,6	16,8	-
CVEG	6,07 [*]	-	-	8,06	13,9	2,2	-

*significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade. **significativo pelo Teste F ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade. VS: velocidade de semeadura. AS: arranjo de semeadura. CV: coeficiente de variação. DMS^A: diferença mínima significativa para o fator A. DMS^B: diferença mínima significativa para o fator B.

Exceto pelas variáveis, número de vagens por planta, incidência de ferrugens foliares e índice de dano mecânico nas sementes, as demais variáveis apresentaram coeficientes de variação inferiores a 30%, indicando baixa variabilidade entre as médias, tais resultados são semelhantes aos encontrados por Damasceno (2017) que avaliou diferentes velocidades de operação e sistemas dosadores de sementes assim como o presente trabalho.

Observando o efeito da interação entre os fatores velocidade de semeadura e arranjo de semeadura, foi aferida interação para as variáveis índice de velocidade de emergência, altura de plantas, diâmetro de haste, número de vagens por planta, massa de mil grãos e produtividade, dentre estas, índice de velocidade de emergência e massa de mil grãos não apresentaram interação ao nível de 1% de significância, apenas ao nível de 5%. Para as variáveis com interação entre os fatores, independentemente do nível de significância, foi realizado o desdobramento das interações para melhor interpretação das médias.

Na tabela 5 são apresentados os resultados de índice de dano mecânico nas sementes de soja antes de dosadas (testemunha) e após dosagem pelo mecanismo dosador pneumático para semeadura convencional e agrupada.

Tabela 5. Índice de dano mecânico nas sementes de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Índice de dano mecânico nas sementes (%)				
Arranjo espacial de semeadura	Velocidade km h ⁻¹			F ²
	4,5	5,2	6	
Agrupado	0,5 aA	0,5 aA	1 aA	0,18 ^{NS}
Convencional	0,5 aA	1 aA	0,5 aA	1,27 ^{NS}
Testemunha	0,5			
F ¹	-	2,45 ^{NS}	-	-
CV (%)	124,99			-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

Conforme os dados referentes ao dano mecânico nas sementes indicam, em nenhum dos tratamentos, inclusive para a testemunha, foram observados danos ao tegumento estatisticamente significativos. Os dados demonstram que o mecanismo dosador pneumático equipado, tanto com o disco convencional, desenvolvido pela fabricante da semeadora, quanto o disco desenvolvido para o agrupamento das sementes, não causaram danos físicos às sementes de soja.

O resultado corrobora com Tourino et al. (2009), que ao ensaiar diferentes mecanismos dosadores de sementes, mecânico, pneumático e de fluxo contínuo sugerem que os índices de danos mecânicos às sementes dosadas devem estar entre 0 e 5%, não verificaram aumentos significativos de danos às sementes pós-dosagem em relação ao índice pré-dosagem para mecanismo dosador pneumático.

Os resultados de índice de velocidade de emergência (IVE) são apresentados na tabela 6 e indicam diferenças significativas entre arranjos espaciais de semeadura e velocidades de semeadura.

Tabela 6. Índice de velocidade de emergência de plântulas (IVE) de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Arranjo espacial de semeadura	IVE			F ²
	Velocidade km h ⁻¹			
	4,5	5,2	6	
Agrupado	67,8 aA	63,4 aAB	62,0 aB	3,88*
Convencional	53,9 bA	55,4 bA	57,6 aA	1,4 ^{NS}
F ¹	40,85**	13,37**	4,26 ^{NS}	-
CV (%)		5,13		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

Maiores índices de velocidade de emergência (IVE) foram observados no arranjo agrupado em relação ao convencional, exceto para a velocidade de 6 km h⁻¹, as demais 4,5 e 5,2 km h⁻¹ apresentaram aumentos de 25,8 e 14,4% frente o arranjo convencional, respectivamente. Um dos motivos que pode explicar tais diferenças é a maior facilidade de rompimento do solo no arranjo agrupado em condições de selamento superficial, neste arranjo a capacidade de ruptura do solo é quadruplicada, em relação ao arranjo convencional, pois quatro sementes emergem simultaneamente no mesmo local, ao invés de uma. O selamento, mesmo que não mensurado, foi pronunciado devido a ocorrência de uma precipitação expressiva, aumentando a resistência do solo à penetração pelo impacto das gotas de chuva, visto que se tratava de um solo com pouca cobertura vegetal, apenas composta de restos culturais da safra de soja anterior e vegetação espontânea dessecada.

A 6 km h⁻¹ foi a única velocidade que não apresentou diferença significativa entre os arranjos, indicando que maiores velocidades de deslocamento possivelmente acarretam em maior incidência de ricochetes das sementes contra o tubo condutor e entre elas, aumentando o tempo em que estas demandam para chegar até o solo, prejudicando a formação dos grupos no arranjo agrupado, que para sua formação, exige que todas as sementes cheguem juntas ao solo.

A discussão corrobora com Knebel et al, (2006), de que o agrupamento de sementes influencia positivamente na emergência de plântulas, quanto mais próximas as sementes, maior facilidade de os cotilédones romperem a camada superior de solo, incrementando vigor às sementes. Os autores descrevem que o efeito pode ser observado em maiores densidades de semeadura, em que são obtidos maior índice de velocidade de emergência de plântulas.

De acordo com Dan et al, (2010) e França Neto et al, (2010), o IVE pode ser associado ao vigor das sementes, quanto maior o IVE maior é a capacidade das plantas resistirem aos estresses climáticos, sobretudo na fase inicial do crescimento. Além disso, a mais rápida emergência das plântulas e consequente estabilização do estande inicial de plantas, antecipam

o sombreamento do solo pela cultura favorecendo vantagem ao controle de plantas daninhas. Esta variável pode ser considerada primordial pois a emergência é um dos fatores que podem limitar ou alavancar a produção (KRZYZANOWSKIS, 2004).

Os resultados de população inicial de plantas são apresentados na tabela 7, sendo constatada diferença significativa entre os arranjos de semeadura.

Tabela 7. População inicial de plantas em função dos fatores arranjo espacial e velocidade de semeadura.

Arranjo espacial de semeadura	População inicial de plantas (mil plantas ha ⁻¹)			F2
	Velocidade km h ⁻¹			
	4,5	5,2	6	
Agrupado	216 aA	224 aA	206 aA	1,80NS
Convencional	186 bA	190 bA	198 aA	0,67NS
F1	9,75**	11,44**	0,61NS	-
CV (%)		6,69		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

Em ambos os arranjos de semeadura a velocidade não interferiu nos resultados de população inicial de plantas. Entretanto, entre arranjos a população somente não diferiu a 6 km h⁻¹, nas demais, 4,5 e 5,2 km h⁻¹, os resultados foram respectivamente 16,1% e 17,8% maiores para o arranjo agrupado. Os resultados podem ser justificados pelo maior vigor adquirido pelas sementes do arranjo agrupado, confirmando as afirmações de Vanzolini e Carvalho (2002), França Neto, Krzyzanowski e Henning (2010), segundo os autores sementes que gastam mais dias para emergir sofrem efeito da competição imposta pelas já emergidas e hierarquicamente estabelecidas, além da competição com possíveis plantas daninhas que estejam próximas a elas. Dessa forma, plântulas “atrasadas” na emergência enfrentam maiores dificuldades para completar seu ciclo e podem vir a desfalar a população de plantas, esclarecendo porquê no arranjo agrupado o estande inicial de plantas se sobressaiu em relação ao convencional.

Atingir a população de plantas recomendada é essencial para que a cultivar atinja os níveis produtivos desejados, pois este fator está diretamente ligado ao desenvolvimento das plantas ao longo de seu ciclo. Os resultados não foram significativamente diferentes para o fator velocidade de semeadura em ambos os arranjos, corroborando com Jasper et al., (2011) que estudando velocidades de 4, 6, 8, 10 e 12 km h⁻¹ com mecanismos dosadores do tipo horizontal e pneumático não encontraram diferenças significativas para o estande de plantas nestes dosadores para todas as velocidades.

Na tabela 8 são apresentados os resultados de altura de inserção da primeira vagem, diferenças significativas foram constatadas apenas entre arranjos de semeadura velocidade de 4,5 km h⁻¹.

Tabela 8. Altura de inserção da primeira vagem de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Altura de inserção da primeira vagem (cm)				
Arranjo espacial de sementeira	Velocidade km h ⁻¹			F ²
	4,5	5,2	6	
Agrupado	18,2 aA	18,2 aA	17,9 aA	0,09 ^{NS}
Convencional	15,5 bA	16,6 aA	16,3 aA	0,60 ^{NS}
F ¹	7,17 ^{**}	2,64 ^{NS}	2,56 ^{NS}	-
CV (%)		26,12		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

Para os diferentes arranjos e velocidades de sementeira, apenas a menor velocidade apresentou diferença significativa sob os valores de altura de inserção da primeira vagem, na qual o arranjo agrupado apresentou maior altura média para esta variável, sendo 17,4% maior que no arranjo convencional. Esta ocorrência pode ser justificada pois o agrupamento das plantas intensificou a competição intraespecífica devido a sua aproximação promovida pelo agrupamento, aumentando a distância das vagens em relação ao solo. Os resultados corroboram com as afirmações de Modolo et al., (2016) e Cruz et al., (2016) que a diminuição dos espaçamentos entre plantas na linha de sementeira afeta positivamente a altura de inserção da primeira vagem, aumentando-a devido a competição por luminosidade ser acentuada em populações maiores, diminuindo a participação de fotoassimilados no desenvolvimento dos ramos secundários das plantas, que nessas condições, concentra o desenvolvimento do ramo principal.

A altura de inserção da primeira vagem é uma importante característica na produção de soja, podendo impactar significativamente nas perdas durante a colheita mecanizada, por conta da altura de corte da plataforma, este fator pode estar diretamente relacionado a densidade de sementeira e ao vigor das sementes que podem impactar na distância das vagens em relação ao solo. Os dados obtidos neste trabalho podem ser classificados como aceitáveis, pois a altura de corte durante a colheita mecanizada é de 15 a 20 cm, minimizando possíveis perdas devido a não colheita de vagens (ROSSI et al., 2017; PEIXOTO e SOUZA 2002).

A altura final das plantas foi diretamente impactada pelo arranjo de sementeira, de acordo com os resultados inseridos na tabela 9 as plantas do arranjo agrupado obtiveram porte reduzido em comparação com o convencional.

Tabela 9. Altura de plantas de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Arranjo espacial de semeadura	Altura de plantas (cm)			F ²
	Velocidade km h ⁻¹			
	4,5	5,2	6	
Agrupado	82,5 bA	74,2 bB	82,7 aA	8,55**
Convencional	92,9 aA	92,2 aA	80,5 aB	17,55**
F ¹	19,87**	58,5**	0,9 ^{NS}	-
CV (%)		12,5		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

Os resultados apresentados na tabela 9 demonstram que o arranjo pode afetar o desenvolvimento das plantas, neste caso a provável intensificação na competição intraespecífica ao longo dos estágios vegetativos nas plantas do arranjo agrupado influenciou negativamente no desenvolvimento do ramo principal das plantas, apresentando valores médios de altura de plantas 11,2 e 19,5% inferiores nas velocidades de 4,5 e 5,2 km h⁻¹ em relação ao arranjo convencional. Para a velocidade 6 km h⁻¹ não houve diferença entre os arranjos, entretanto, para esta velocidade, no arranjo convencional, foi obtida altura média de plantas 13,3% inferior em relação às demais velocidades.

Estes resultados divergem dos encontrados por Balbinot Junior et al., (2017) que estudando o comportamento da semeadura agrupada e convencional de soja em população de 270.000 plantas ha⁻¹, nas safras 2013/14, 2014/15 e 2016/17, não identificaram quaisquer diferenças para a variável altura de plantas entre os tratamentos, indicando que para o arranjo agrupado não há um padrão para o comportamento das plantas. Variações entre cultivares, regiões, condições edafoclimáticas e safras podem influenciar nos resultados, tornando as comparações de comportamento das plantas menos precisos (BALBINOT JUNIOR et al., 2018).

Este fator é de relevante importância por dificultar a colheita mecanizada da cultura, pois as plantas que desenvolvem muito o ramo principal e atingem maior altura ficam suscetíveis ao acamamento em regiões com correntes de vento e precipitações elevadas.

Foram identificadas diferenças significativas para os valores de diâmetro de haste, os resultados são apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Diâmetro de haste de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Arranjo espacial de semeadura	Diâmetro de haste (mm)			F ²
	Velocidade km h ⁻¹			
	4,5	5,2	6	
Agrupado	8,4 aA	6,4 bB	6,8 bB	26,02**
Convencional	7,6 bA	7,8 aA	7,4 aA	0,93 ^{NS}
F ¹	6,09*	24,88**	5,63*	-
CV (%)		17,4		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

Para a variável diâmetro de haste foram observadas diferenças significativas entre os arranjos para duas das três velocidades, sendo que a 4,5 km h⁻¹, não houve diferença entre os arranjos e nas demais velocidades ocorreu o inverso. Dentre os arranjos, o convencional não apresentou diferenças dentre as velocidades estudadas, enquanto no arranjo agrupado a velocidade de 4,5 km h⁻¹ proporcionou plantas com diâmetro de haste médio 27,4% maior em comparação com as velocidades superiores.

Os resultados demonstram que a competição intraespecífica, acentuada no arranjo agrupado, influenciou negativamente o fator diâmetro de caule, exceto para a menor velocidade. Os resultados corroboram com Fiss et al., (2018) que ao estudarem as características agrônomicas sob o efeito de falhas na semeadura afirmam que plantas consideradas triplas normais, cujos espaçamentos entre três plantas são inferiores a 50%, apresentam menor diâmetro de caule ao serem comparadas com plantas duplas e plantas individuais, respectivamente.

Os resultados seguem os mesmos padrões dos estudos realizados por Marchiori et al., (1999), Souza et al., (2010) e Smiderle et al., (2019) onde os autores afirmam que o acréscimo de plantas na linha de semeadura promovem a redução do diâmetro de haste, este maior número de plantas por metro pode ser utilizado como meio de comparação com o arranjo agrupado que, mesmo não realizando o aumento de sementes no sulco de semeadura faz um rearranjo aproximando-as, e isto pode representar um comportamento semelhante, permitindo tal comparação.

O diâmetro de haste das plantas de soja pode influenciar o acamamento delas, Sedyama et al., (1999) afirmam que plantas de porte alto e com menor diâmetro são mais suscetíveis a isso, fator este que potencialmente reduz a produtividade, por dificultar a colheita mecanizada e favorecer doenças de final de ciclo. O acamamento é pronunciado quando aliado com raízes superficiais, ventos fortes e densidade de semeadura que propiciam menor desenvolvimento da haste principal, aumentando a ocorrência deste fenômeno em certas cultivares (MOTTA et al., 2002; BALBINOT JÚNIOR, 2012).

Os valores de diâmetro de haste obtidos no experimento estão de acordo com alguns trabalhos disponíveis na literatura científica, conforme o estudo realizado por Souza et al., (2013), que avaliaram o acamamento das plantas de soja em uma cultivar de ciclo indeterminado e altura média de 95 cm, os autores afirmam que com diâmetro de haste médio de 6,6 mm não foram aferidos níveis de acamamento significativos que pudessem interferir no rendimento produtivo da cultura.

Na tabela 11 são apresentados os resultados referentes ao número de ramos médio de cada planta, no geral, o arranjo convencional apresentou valores superiores ao agrupado.

Tabela 11. Número de ramos por planta de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura

Arranjo espacial de semeadura	Número de ramos por planta			F ²
	Velocidade km h ⁻¹			
	4,5	5,2	6	
Agrupado	8,6 bA	8 bA	8,3 aA	0,46 ^{NS}
Convencional	9,7 aA	10 aA	8,9 aA	2,19 ^{NS}
F ¹	4,38*	13,57**	1,29 ^{NS}	-
CV (%)	27,5			-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

De acordo com a tabela 11, as velocidades de 4,5 e 5,2 km h⁻¹ do arranjo agrupado apresentaram médias 11,3 e 20% inferiores em relação aos valores obtidos no arranjo convencional. Já para 6 km h⁻¹ não foram aferidas diferenças significativas. A diminuição no número de ramos no arranjo convencional pode ser justificada pela população de plantas, pois esta, mesmo que não intencional, foi a alteração mais pronunciada nos diferentes arranjos de semeadura, visto que a capacidade de ramificação de um cultivar é pré-estabelecida durante o melhoramento, que determina como será o comportamento genético da cultura e sua interação com o ambiente. A afirmação corrobora com Cox e Cherney (2011), onde os autores confirmam que o número de ramos é afetado pelo aumento na população de plantas por hectare, havendo diminuição na ramificação conforme aumenta-se a densidade de semeadura.

Os resultados confirmam os encontrados por Mauad et al., (2010) que ao avaliarem o adensamento de plantas na linha de semeadura verificaram diminuição gradativa no número de ramificações conforme diminui o espaçamento entre plantas, aumentando a competição por luz e diminuindo a disponibilidade de fotoassimilados.

Por outro lado, Melo (2019) estudando o desempenho de quatro cultivares de soja com hábito de crescimento indeterminado e os métodos de semeadura convencional e agrupado avaliou que em duas destas cultivares o arranjo agrupado induziu maior ramificação lateral das plantas, para as outras duas não foram constatadas diferenças significativas entre os arranjos, diferindo, nesta variável, de todos os resultados apontados no presente trabalho.

Os resultados para número de vagens por planta são apresentados na tabela 12, demonstrando que no arranjo agrupado, exceto na velocidade de 6 km h⁻¹, são produzidas mais vagens por planta.

Tabela 12. Número de vagens por planta de soja em função do arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Número de vagens por planta				
Arranjo espacial de semeadura	Velocidade km h ⁻¹			F ²
	4,5	5,2	6	
Agrupado	71,4 aA	63,2 aB	42,3 aB	39,80**
Convencional	54,9 bA	50,5 bA	47,3 aA	2,29 ^{NS}
F ¹	14,62**	5,57*	3,93*	-
CV (%)		35,6		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

O número de vagens por planta apresentou comportamento distinto entre os arranjos, considerando as velocidades de forma isolada, ocorreram diferenças significativas apenas no arranjo agrupado, que com o aumento da velocidade apresentam diminuição no número total de vagens de 40,8 e 33,1% ao elevar a velocidade de semeadura de 4,5 e 5,2 para 6 km h⁻¹, respectivamente. Para a interação entre arranjo e velocidade observa-se o destaque do método de semeadura agrupado nas duas velocidades inferiores, tratamentos que apresentaram maiores médias para o número de vagens por planta dentre os estudados, e em comparação equivalente para o arranjo convencional observa-se produção 30,1 e 25,1% superior para 4,5 e 5,2 km h⁻¹, demonstrando vantagem para este método de semeadura. Para a maior velocidade não foi aferida diferença estatística entre os arranjos quanto ao número de vagens por planta.

Os resultados discordam, em parte, dos encontrados por Serraglio e Simonetti (2017), no qual os autores ao estudarem o efeito da semeadura agrupada e tradicional em três cultivares de soja e três espaçamentos entre covas para a semeadura agrupada demonstram que há maior produção de vagens nos métodos de semeadura agrupada para uma das cultivares, nas demais não houve diferença significativa para a interação cultivar e espaçamento assim como para os fatores avaliados separadamente. O ponto em que os resultados se assemelham levam em consideração o tratamento do presente trabalho em que a velocidade de 4,5 km h⁻¹ no arranjo agrupado produziu mais vagens que no tratamento convencional, caracterizando a velocidade fator primordial para execução da semeadura agrupada.

Na tabela 13 são apresentados os dados referentes a massa de mil grãos para as diferentes velocidades e arranjos de semeadura.

Tabela 13. Massa de mil grãos de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Arranjo espacial de semeadura	Massa de mil grãos (g)			F ²
	Velocidade km h ⁻¹			
	4,5	5,2	6	
Agrupado	195,9 aA	193,8 aA	183,5 aB	11,32**
Convencional	185,1 bA	181,9 bA	182,2 aA	0,53 ^{NS}
F ¹	12,24**	14,70**	0,17 ^{NS}	-
CV (%)		2,36		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

Foram identificadas diferenças entre os arranjos e entre as velocidades no arranjo agrupado para a variável massa de mil grãos. Tratando-se do arranjo agrupado, as velocidades de 4,5 e 5,2 km h⁻¹ são significativamente iguais e diferem apenas da maior velocidade, esta por sua vez apresentou massa, em média, 5,8% inferior que as demais. O mesmo comportamento não foi observado para o arranjo convencional visto que a velocidade não influenciou nos resultados da variável.

O arranjo agrupado apresentou massa de mil grãos superior em relação ao convencional para duas das três velocidades de semeadura, com médias 5,8 e 6,5% maiores para as velocidades de 4,5 e 5,2 km h⁻¹, respectivamente. Fato este que pode ser justificado pela maior produção de fitomassa produzida em decorrência da possível maior interceptação de luz solar que propicia maior aproveitamento fotossintético das plantas (SHIBLES e WEBER, 1965). Resultados semelhantes foram publicados por Bisinella e Simonetti (2017), avaliaram as cultivares ND4823 e ND5909 submetidas ao arranjo convencional e agrupado com densidade de 12 sementes por metro linear, encontrando resultados superiores para massa de mil grãos com o arranjo agrupado com a cultivar 5909.

Conforme a tabela 14, exceto para 6 km h⁻¹, o método de semeadura agrupada apresentou maior produtividade média que o arranjo convencional.

Tabela 14. Produtividade de grãos de soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade de semeadura.

Produtividade kg ha ⁻¹				
Arranjo espacial de semeadura	Velocidade km h ⁻¹			F ²
	4,5	5,2	6	
Agrupado	4198 aA	3972 aA	3499 aB	5,25*
Convencional	3000 bA	3300 bA	3462 aA	0,44 ^{NS}
F ¹	19,52**	6,54*	0,08 ^{NS}	-
CV (%)		18,2		-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

O desempenho produtivo do arranjo agrupado diferiu entre as velocidades de 4,5 e 5,2 km h⁻¹ quando comparadas com 6 km h⁻¹, sendo que na menor velocidade e na intermediária, o arranjo apresentou ganhos produtivos significativos em relação à distribuição equidistante do arranjo convencional, sendo 39,9 e 20,7% superiores, respectivamente.

Com produtividade média de 3254 kg ha⁻¹ no arranjo convencional, não foram constatadas diferenças significativas entre as velocidades de semeadura adotadas, os resultados discordam dos encontrados por Reynaldo et al., (2016), quando os autores identificaram efeito negativo com o aumento da velocidade de semeadura de 2 km h⁻¹ até 10 km h⁻¹, aumentando-a gradativamente de dois em dois quilômetros, sendo identificadas perdas produtivas de 4,75% entre a maior e menor produtividade de grãos.

Em relação ao efeito do incremento da velocidade na semeadura de soja não há um consenso entre os autores na literatura disponível, Jasper et al., (2011) trabalhando com dosadores pneumáticos e de discos perfurados horizontais com velocidades até 12 km h⁻¹ asseguram não haver diferença significativa para os componentes produtivos com o aumento da velocidade, tais ocorrências foram justificadas pela influência do fator compensatório da cultura que não é totalmente influenciada pela distribuição de sementes no sulco de semeadura. Por outro lado, Machado et al., (2016) avaliando a influência da velocidade de deslocamento na semeadura de soja, variando entre 2 e 10 km h⁻¹, concluíram que o aumento progressivo da velocidade impactou negativamente na variável produtividade de grãos.

As variáveis número de vagens por planta e massa de mil grãos acompanharam os resultados de população inicial de plantas e justificam a maior produtividade média do arranjo agrupado, demonstrando que neste método de cultivo há maior conversão de fotoassimilados para a produção de vagens e concentração destes dentro dos grãos. Alguns outros fatores como distribuição radicular, sombreamento mais rápido das entrelinhas que desfavorecem a competição com plantas daninhas e explora o perfil do solo, absorvendo água e nutrientes de forma mais eficiente podem ter favorecido a produção de grãos no novo arranjo (FALKOSKI FILHO et al., 2013)

Por ser recente, este método de semeadura carece de informações contundentes comprovadas pela pesquisa científica, as poucas pesquisas publicadas variam sobre a viabilidade do arranjo agrupado no que diz respeito ao rendimento de grãos. Trabalhos já publicados como o de Serraglio e Simonetti (2017); Balbinot Junior et al., (2018) e Santos et al., (2018) afirmam não haver vantagens na utilização deste arranjo, por outro lado Bisinella e Simonetti (2017); Mello (2019) obtiveram conclusões semelhantes ao do presente trabalho, nos quais o agrupamento demonstrou-se uma prática viável por apresentar ganhos produtivos entre 10 e 20% superiores à semeadura equidistante das sementes de soja, quando semeado em velocidades baixas (4,5 e 5,2 km h⁻¹).

Os resultados referentes a incidência de ferrugem asiática nos terços inferior e médio para os diferentes arranjos de semeadura são apresentados na tabela 15.

Tabela 15. Incidência e severidade de ferrugens foliares no terço médio e inferior de plantas de soja em função do arranjo espacial de semeadura.

Incidência e severidade de ferrugens foliares (%)			
Arranjo espacial de semeadura	Terço		F ²
	Médio	Inferior	
Agrupado	0,78 aA	1,09 aA	0,02 ^{NS}
Convencional	0,81 aA	1,17 aA	0,04 ^{NS}
F ¹	0,63 ^{NS}	0,89 ^{NS}	-
CV (%)		140,4	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. *significativo ao nível de 5% de probabilidade. **significativo ao nível de 1% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F¹ refere-se à interação entre os fatores na coluna e F² refere-se à interação entre os fatores na linha.

A incidência de ferrugem asiática sobre a cultura da soja não diferiu significativamente entre os arranjos estudados, tanto para os terços médio quanto para o inferior. Sendo assim afere-se que a mudança na distribuição das plantas na linha de semeadura não impactou a sanidade da cultura.

Os resultados podem ser justificados de acordo com Holtz et al., (2014) que, ao utilizarem duas populações de plantas, 160 e 240 mil plantas ha⁻¹, e seis espaçamentos entrelinhas distintos para avaliar a deposição de calda de pulverização na cultura da soja, um deles o arranjo cruzado, sendo o que mais se aproxima do agrupado, os autores afirmam que no arranjo em semeadura convencional com espaçamento entrelinhas de 0,5 m e no cruzado com o mesmo espaçamento, a razão de deposição assim como o volume de calda depositado nos terços superior, médio e inferior apresenta valores estatisticamente iguais. Com isso é possível inferir que não ocorre deficiência na aplicação de defensivos na cultura para estes dois arranjos, não favorecendo a proliferação de organismos patógenos que afetem o desenvolvimento da cultura ou promovam perdas de produção.

Os dados referentes a classificação dos espaçamentos para o arranjo de semeadura convencional são apresentados na tabela 16.

Tabela 16. Distribuição longitudinal de sementes de soja no arranjo espacial de semeadura convencional em função da velocidade operacional.

Classificação dos espaçamentos no arranjo convencional	Velocidade km h ⁻¹			F
	4,5	5,2	6	
Aceitáveis	68,3a	67,5a	64,3a	0,09 ^{NS}
Falhos	19,5a	18a	17,8a	0,16 ^{NS}
Duplos	2,5a	1,3a	2,8a	0,6 ^{NS}

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ^{NS} não significativo. F refere-se ao teste F ao nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a tabela 16, em nenhum dos itens referentes a classificação dos espaçamentos, tanto para aceitáveis como para falhos e duplos, houve diferença significativa para as três velocidades estudadas. Os índices de espaçamentos aceitáveis nas três velocidades qualificam a semeadura dentro da faixa ideal, pois segundo Coelho (1996), quando o índice de espaçamentos aceitáveis ultrapassa 60% significa que foram atingidos níveis desejados de acurácia. Os resultados em questão divergem dos encontrados por Naves et al., (2020) que ao utilizarem uma semeadora com mecanismo dosador pneumático para distribuir 14 sementes m⁻¹, verificaram índices de espaçamentos aceitáveis entre 55,81 e 50,62% com velocidades de semeadura entre 5 e 8 km h⁻¹, que decaíram de acordo com o aumento de velocidade operacional, valores estes ligeiramente distantes do presente estudo e que classificam a operação como fora da faixa ideal de assertividade.

Foi observado que o aumento da velocidade operacional de semeadura até a velocidade de 6 km h⁻¹ não impactou o índice de espaçamentos falhos na distribuição equidistante, este resultado confronta a afirmação de que o aumento da velocidade e a consequente elevação da velocidade periférica dos discos dosadores ocasionam uma deposição com maior índice de espaçamentos falhos (CINTRA et al., 2020) e (SILVA e GAMERO, 2010).

Com valores variando de 1,25 a 2,75% para os espaçamentos duplos ou múltiplos, ocorreu o mesmo comportamento dos demais espaçamentos, ao qual não foram verificadas diferenças entre as velocidades. Correia et al., (2020) utilizando dois mecanismos dosadores de precisão e três velocidades de trabalho encontraram resultados opostos, sendo que ao elevar a velocidade de 4,5 para 6,2 e 8,2 km h⁻¹ verificaram aumentos significativos dos espaçamentos falhos, de 35 e 33,3% para as respectivas velocidades, divergindo dos dados expostos acima.

Trabalho já realizados como o de Reis et al., (2007) e Klein et al., (2002) avaliando a distribuição longitudinal de sementes em velocidades que variaram de 3,6 até 12 km h⁻¹ confirmam não ocorrer crescimento significativo do número de espaçamentos falhos e duplos nestas condições, sendo assim é possível afirmar que outras variáveis além da velocidade de semeadura podem prejudicar a distribuição longitudinal, eliminando a premissa de que necessariamente o aumento da velocidade, seja em níveis aceitáveis ou despadronizados, podem causar problemas na deposição de sementes.

De maneira geral os resultados obtidos confirmam integralmente os encontrados por Furlani et al., (2010) quando os autores testaram o efeito da distribuição longitudinal de sementes em diferentes manejos de cobertura vegetal com rolo faca, triturador e roçadora

combinados com as velocidades de 4, 5 e 6 km h⁻¹, e na ocasião, não aferiram diferenças significativas entre os diferentes manejos e entre as velocidades para os espaçamentos normais, falhos e duplos.

O coeficiente de variação dos espaçamentos entre sementes tem como objetivo indicar a regularidade dos espaçamentos entre sementes, no caso da soja, este espaçamento é considerado dentro da margem ideal quando encontra-se coeficiente máximo de 30% para a distribuição longitudinal equidistante. Para o espaçamento agrupado não há recomendação, sendo os dados obtidos no presente trabalho um possível parâmetro para determinação neste método de distribuição, conforme dados da tabela 17.

Tabela 17. Coeficiente de variação do espaçamento entre grupos de sementes de soja (CVEG) no arranjo espacial de semeadura agrupada em função da velocidade operacional.

Velocidade (km h ⁻¹)	CVEG (%)	DMS
4,5	6,67 b	
5,2	7,09 b	2,2
6,0	9,43 a	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna indicam não haver diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa.

O coeficiente de variação para os espaçamentos entre grupos de sementes pode ser utilizado como um indicador da qualidade de deposição. Conforme a tabela indica, o aumento da velocidade de semeadura influencia negativamente no coeficiente de variação, evidenciando que a velocidade é um fator limitante desta técnica conforme descreveu Balbinot Junior et al., (2018) que em velocidades acima de 4 km h⁻¹ não favorecem o método de distribuição que distribui as sementes conjuntamente em covas.

Neste trabalho ao elevar a velocidade de 4,5 e 5,2 para 6 km h⁻¹ há um conseqüente aumento de 41,4 e 33% no coeficiente de variação, evidenciando que na maior velocidade os grupos são desfeitos, assim durante o seu desenvolvimento as plantas aproximam-se do comportamento observado pelas plantas da distribuição equidistante.

O aumento da velocidade de semeadura aumenta a velocidade tangencial do disco dosador que arremessa as sementes com maior energia cinética contra as paredes internas do tubo condutor. Além disso, em maiores velocidades, o choque entre as sementes no arranjo agrupado contribui para que as sementes demandem mais tempo para chegar até o solo, desfazendo os grupos no arranjo agrupado.

5 CONCLUSÕES

Para as condições em que o trabalho foi realizado conclui-se que:

Os índices de velocidade de emergência foram 25,8 e 14,4% superiores no arranjo agrupado nas velocidades 4,5 e 5,2 km h⁻¹ respectivamente.

A semeadura agrupada de soja apresentou maior produtividade de grãos nas velocidades de 4,5 e 5,2 km h⁻¹.

A velocidade de semeadura 6 km h⁻¹ aumenta o coeficiente de variação entre grupos de sementes.

As velocidades de semeadura 4,5, 5,2 e 6 km h⁻¹ não influenciaram a distribuição longitudinal de sementes de soja no arranjo convencional de semeadura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o observado em campo é possível considerar que na velocidade de 6 km h^{-1} o arranjo agrupado de semeadura é descaracterizado pela maior distância entre sementes no sulco de semeadura, dando a entender como o desagrupamento das mesmas durante o processo de deposição, assemelhando-se mais ao arranjo convencional de semeadura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto da norma 04: 015.06 – 004: Semeadora de precisão – ensaio de laboratório – método de ensaio.** São Paulo, 26p. 1994.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; MILAN, M.; MONTEIRO, L. A.; MION, R. L. Avaliação da distribuição de sementes por uma semeadora de anel interno rotativo utilizando média móvel exponencial. **Ciência Agronômica**, v. 43, n. 01, p. 86-95, 2012.

AMORIM, M. Q.; NICOLAU, F. E.A.; MENDONÇA C.A.; SANTOS, P. R. A.; CHIODEROLI, C. A. Desempenho operacional do conjunto trator semeadora adubadora de fluxo contínuo em função da pressão de inflação dos rodados e velocidade de deslocamento. **Energia na agricultura**, Botucatu, v. 34, n. 2, p. 152-161, 2019.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOL, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

ASSIS, R.T.; ZINELI, V.P.; SILVA, R.E.; COSTA, W.C.A.; OLIVATO, I. **Arranjo Espacial de plantas na cultura da Soja.** Araxá. Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas. 7 p, 2014.

ASTANAKULOV, K. Adaptation mechanic sowing apparatus for sowing soybean seeds with less damaging. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. v. 883, n. 1, p. 012137, 2020. doi:10.1088/1757-899X/883/1/012137

BABOLIM, R.C.G.; SIMIONATO, U.R.; FERREIRA, A.S.; WERNER, F.; IWASAKI, G.S.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JR., A.A. **Semeadura cruzada na cultura da soja em diferentes cultivares e densidades de plantas.** IX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. Londrina, 2014.

BALARDIN R.S. **Caderno didático da disciplina de fitopatologia agrícola.** Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Santa Maria, RS. 2002.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas.** 1 ed. São Paulo: Manole, 1987. 310 p.

BALBINOT JÚNIOR, A. A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.25, n.1, p.40-42, 2012.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; COSTA, J. M.; KOSINSKI, C. L.; PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Espaçamento reduzido e plantio cruzado

associados a diferentes densidades de plantas de soja. **Semina Ciências Agrárias**, v. 36, p. 2977-2986, 2015a.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina, PR. Embrapa Soja. 36 p. (Documentos, 364). 2015b.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; SANTOS, E.L.; DEBIASI, H.; RIBEIRO, R.; FRANCHINI, J.C. **Agrupamento de plantas de soja na linha de semeadura e seu efeito no desempenho da cultura**. Resumos expandidos da XXXVI Reunião de Pesquisa de Soja, Londrina, PR. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1072549/agrupamento-de-plantas-de-soja-na-linha-de-semeadura-e-seu-efeito-nodesempenho-da-cultura>. Acessado em 24/01/2019.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; SANTOS, E. L.; COELHO, A. E.; AGASSI, V. J.; CHICOWSKI, A. S. Agrupamento de plantas de soja na linha de semeadura. **Embrapa Soja Circular técnica**, ISSN 2176-2864. Londrina, PR. 2018.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat: sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Versão 1.1. Jaboticabal: Departamento de Ciências Exatas, 2010.

BERTELLI, G.A.; JADOSKI, S.O.; DA LUZ DOLATO, M.; RAMPIM, L.; MAGGI, M. F. Plantability performance of pneumatic seeders in the soybean culture implantation in the Piauí cerrado-Brasil. **Applied Research & Agrotechnology**, v.9, n.1, p.91-103, 2016.

BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P.; AGOSTINETTO, D. Papéis do arranjo de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas competidoras. **Planta Daninha**, vol. 28, p. 979-991, 2010.

BISINELLA, L. F.; SIMONETTI, A. P. M. M. Plantio agrupado e convencional em duas cultivares de soja. **Cultivando o Saber**, v. 10, p. 81-90, 2017.

BRANQUINHO, K.B.; FURLANI, C. E. A.; LOPES, A.; SILVA, R.P. DA; GROTTA, D.C.C.; BORSATTO, E.A. Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo. **Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, p. 374- 380, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNPV/CLAV, 2009. 365 p

BRASIL. Ministério da Economia. Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais. **Balança Comercial Brasileira**. Brasília, DF, 2020.

BRUNS, H.A. Comparisons of Single-Row and Twin-Row Soybean Production in the Mid-South. **Agronomy Journal Madison** – WI, v.103, n. 3, p. 702-708, 2011.

BÜCHLING, C.; OLIVEIRA NETO, A. M., GUERRA, N.; BOTTEGA, E. L. Uso da plasticidade morfológica como estratégia para a redução da população de plantas em cultivares de soja. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 22-30, 2017.

CÂMARA, G. M. de S. Introdução ao agronegócio soja. São Paulo: Departamento de Produção Vegetal – USP/ESALQ, 2011. Disponível em: <<http://www.lpv.esalq.usp.br/lpv506/LPV%20506%20S01%20%20Soja%20Apostila%20Agronegocio.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2020.

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agrônômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 1, p. 61-69, 2018.

CARPES, D. P.; ALONÇO, A. S.; ROSSATO, F. P.; VEIT, A. A.; SOUZA, L. B.; FRENCETTO, T. R. Effect of different conductor tubes on the longitudinal distribution of corn seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 9, p. 657-662, 2017.

CINTRA, P. H. M.; COMPAGNON, A. M.; ARRIEL, F. H.; VENTURA, G. S.; SANTOS, M. L.; NETO, A. M. P. Variabilidade espacial e qualidade na semeadura de soja/Spatial variability and quality in soybean sowing. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 3, p. 1206-1221, 2020.

COELHO, J. L. D. Ensaio & certificação das máquinas para semeadura. In: Mialhe, L. G. (1996). **Máquinas agrícolas: ensaio e certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Cap. 11, 551-570.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, v. 7, Safra 2019/20, n. 8 - oitavo levantamento, Brasília, p. 1-31, Maio/2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 03 de maio de 2020.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20 p.

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**, v. 35, n. 2, p. 190-198, 2020.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, v.103, n.1, p.123-128, 2011.

CRUZ, S. C. S.; JUNIOR, D. G. S.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de sementeira e arranjos espaciais. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2016.

CRUZ, T. V.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C.; SILVA PINTO, M. D. F. Componentes de produção de soja em diferentes épocas de sementeira no oeste da Bahia. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, 2010.

DAMASCENO, A. F. **Sistema dosador de sementes e velocidade de operação na sementeira direta de soja**. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP. 57f. 2017.

DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; BARROSO, A. L. L.; BRACCINI, A. L. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

DIAS, V.O.; ALONÇO, A.S.; CARPES, D.P.; VEIT, A.A.; SOUZA, L.B. Velocidade periférica do disco em mecanismos dosadores de sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, p.1973-1979, 2014.

EMBRAPA SOJA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil**: 1997/1998. Londrina, 1997. 171 p. (Embrapa Soja. Documentos, 106).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Avaliação do desempenho de plantadoras diretas para culturas de verão**. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo: EMBRAPA, 1994.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 412p. 1999.

FALKOSKI FILHO, J.; GARDIANO, C. G.; OLIVEIRA, G. M.; CAMARGO, L. C. M.; BALAN, M. G.; SAAB, O. J. G. A. Rendimento de grãos de soja em diferentes arranjos

espaciais. **Agrarian**, v. 6, n. 19, p. 107-109, 2013.

FISS, G.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; CASTELLANOS, C. I. S.; MENEGHELLO, G. E.; AUMONDE, T. Z. Produtividade e características agrônômicas da soja em função de falhas na semeadura. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

FRANÇA-NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, v. 20, n. 1-2, p. 37-38, 2010.

FREITAS, M. C. M., HAMAWAKI, O. T., BUENO, M. R., MARQUES, M. C. Época de semeadura e densidade populacional de linhagens de soja UFU de ciclo semitardio. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 5, p. 698-708, 2010.

FURLANI, C. E. A.; JÚNIOR, A. P.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; GROTTA, D. C. C. Influência do manejo da cobertura vegetal e da velocidade de semeadura no estabelecimento da soja. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA-REVENG**, v. 18, n. 3, p. 227-233, 2010.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A. E.; LOPES, I. A. N.; PORTUGAL, F. A. F. **Instalação da lavoura de soja: Época, Cultivares, Espaçamento e População de Plantas**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10p. (Circular Técnica, 51).

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagramatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira*, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

HENCHION, M.; MCCARTHY, M.; RESCONI, V.C.; TROY, D. Meat consumption: trends and quality matter. **Meat Science**, v.98, p.561-568, 2014.

HIRAKURI, M.; LAZZAROTTO, J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Embrapa Soja, 2014. 37 p. – (Embrapa Soja. Documentos, 329).

HOLTZ, V.; COUTO, R. F.; OLIVEIRA, D. G. D.; REIS, E. F. D. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, 2014.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPCÃO, P. S.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C. Speed of sowing on soybean crop. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011.

JÚNIOR, D. C.; GARCIA, R. F.; MANHÃES, C. M. C.; KLAVER, P. P. C.; JÚNIOR, J. F. S.

V. Influência da velocidade de trator e semeadora de precisão na implantação e produtividade da cultura do milho verde. **Revista engenharia na agricultura-reveng**, v. 22, n. 1, p. 25-32, 2014.

KLEIN, V.A.; SIOTA, T.A.; ANESI, A.L.; BARBOSA, R. Efeito da velocidade na semeadura direta de soja. **Engenharia Agrícola**, v.22, n.1, p.75-82, 2002.

KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. **Acta Scientiarum-Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 385-392, 2006.

KRZYZANOWSKI, F. C. **Desafios tecnológicos para produção de semente de soja na região tropical brasileira**. In: World Soybean Research Conference, 7., International Soybean Processing and Utilization Conference, 4.; Congresso Brasileiro de Soja, 3., 87 2004, Foz do Iguassu. Proceedings Londrina: Embrapa Soybean, 2004. p. 1324-1335.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; COSTA, N.P. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. 4p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 37).

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249-262, 1989.

LIMA, S.F.; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G.F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Biociencia Journal**, vol. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

MACHADO, A. L. T.; REIS, Â. V.; MORAES, M. L. B.; ALONÇO, A. S. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. 2a. ed. Pelotas, R.S.: Ed. Universitária UFPel, 1996. v. 1p. 253.

MACHADO, T. M.; REYNALDO, É. F. Avaliação de diferentes semeadoras e mecanismos dosadores de sementes em relação à velocidade de deslocamento. **Energia na agricultura**, v. 32, n. 1, p. 12-16, 2017.

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.

MARCHIORI, L. F. S.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARTINS, M. C. Desempenho

vegetativo de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999.

MATTAR, D.M.P. **Influência do deslizamento da roda motriz de uma semeadora/adubadora de plantio direto no espaçamento longitudinal de sementes de milho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Univerisade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 110f. 2010.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; NETO, A. I. A.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MELO, J. I. **Semeadura agrupada de soja na região do alto Uruguai do Rio Grande do Sul**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Agronomia). Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim. 25f. 2019.

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301 p.

MODELO, A. J.; SCHIDLOWSKI, L. L.; STORCK, L.; BENIN, G.; VARGAS, T. O.; TROGELLO, E. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p. 216-229, 2016.

MOTTA, L. S.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; INOUE, M. H.; ÁVILA, M. R.; BRACCINI, M. C. Época de semeadura em cinco cultivares de soja. I. Efeito nas características agronômicas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1275-1280, 2002.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **SOJA Fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Biblioteca Setorial da Faculdade de Agronomia da UFRGS, p. 31, 2005.

PACHECO, E. P.; MANTOVANI, E. C.; MARTUN, P. J.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.3, p.209-214, 1996.

PEIXOTO, M.F.; SOUZA, I. F. Efeitos de doses de imazamox e densidades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em soja (*Glycine max* (L.) Merril) sob plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, p.252-258, 2002.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.

- POPINIGIS, F. **Fisiologia de semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- PORTELLA, J.A. **Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997, 40p. (EmbrapaCNPT. Documentos, 41).
- PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.
- 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@mbiente**, v.8, n.2, p.212-221, 2014.
- RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.
- REIS, E.F.; MOURA, J.R.; DELMOND, J.G.; CUNHA, J.P.A.R. Características operacionais de uma semeadora-adubadora de plantio direto na cultura da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*). **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v.16, n.3, p.70- 75, 2007.
- REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER, L.; QUADROS, D.; SCWARTZ, S. R. Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 24, p. 63-67, 2016.
- REZENDE, P. M. et al., Efeito da semeadura a lanço e da população de plantas no rendimento de grãos e outras características da soja [*Glycine max (L.) Merrill*]. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 28, n. 03, p. 499-504, 2004.
- RHODEN, A. C.; COSTA, N. L.; SANTANA, A. C.; OLIVEIRA, G. N.; GABBI, M. T. T. Análise das tendências de oferta e demanda para o grão, farelo e óleo de soja no Brasil e nos principais mercados globais. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 51, p. 93-112, 2020.
- RIGO, A.A.; DAHMER, A.M.; STEFFENS, C.; STEFFENS, J.; CARRÃO-PANIZZZI, M.C. Characterization of soybean cultivars genetically improved for human consumption. **International Journal of Food Engineering**, v.1, p.1-7, 2015.

RIQUETTI, N. B. **Produtividade, eficiência energética e econômica em semeadura cruzada de soja**. 2014. 72 p. Tese (Doutorado em agronomia/Energia na Agricultura, Universidade Estadual Paulista, 2014).

ROCHA, B. G.; AMARO, H. T.; PORTO, E.; GONÇALVES, C. C.; DAVID, A. M., LOPES, E. B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 91-100, 2018.

ROSSI, R. F.; CAVARIANI, C.; BARROS FRANÇA-NETO, J. Vigor de sementes, população de plantas e desempenho agrônomo de soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 3, p. 215-222, 2017.

SANTOS, E. L.; AGASSI, V. J.; CHICOWSKI, A. S.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Hill drop sowing of soybean with different number of plants per hole. **Ciência Rural**, v.48, n. 5, 2018.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p.144-149, 2009.

SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Falhas e duplos na produtividade. **Revista SEED News**, Pelotas, RS, n.6, 2012.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. C.; REIS, M. S. **Melhoramento da soja**. In: BORÉM, A. (ed). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, p.478-533. 1999.

SERRAGLIO, M. A.; SIMONETTI, A. P. M. M. Semeadura agrupada em diferentes cultivares de soja. **Cultivando o Saber**, v. 10, n. 4, p. 458-469, 2017.

SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by various soybean planting patterns. **Crop Science**, v.6, p.575-577, 1965.

SILVA, M. C.; GAMERO, C. A. Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função do tipo de martelete e velocidade de deslocamento. **Energia na Agricultura**, v. 25, n. 1, p. 85-102, 2010.

SILVA, P.R.A.; TAVARES, L.A.F.; SOUZA, S.F.G.; CORREIRA, T.P.S & RIQUETTI, N.B. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 19, n. 3, p. 293-297. 2015.

SILVA, V. F. A. **Qualidade da semeadura direta de milho com dois mecanismos de pressão no disco sulcador sob duas velocidades**. 64 p. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. D. G.; GIANLUPPI, V.; GIANLUPPI, D.; COSTA, K. N. A.; GOMES, H. D. S. Correlação entre componentes de produção de soja brs tracajá e diferentes densidades de plantas no cerrado Roraima. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.9, n.1, p.34-40, 2019.

SOUZA, C. A.; FIGUEIREDO, B. P.; COELHO, C. M. M.; CASA, R. T.; SANGOI, L. Arquitetura de plantas e produtividade da soja decorrente do uso de redutores de crescimento. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, 2013.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM JUNIOR, P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup ReadyTM. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

TAVARES, L. A. A. F.; CORREIA, T. P. S.; SOUSA, S. F. G.; RIQUETTI, N. B.; SILVA, P. R. A. Viabilidade econômica da semeadura de soja em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Energia na agricultura**, v. 34, n. 2, p. 171-179, 2019.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SILVA, L. A.; ALMEIDA, L. G. P. Semeadoras-adubadoras em semeadura convencional de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, vol.39, n.1, p. 241 – 245, 2009.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N. M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 33-41, 2002.

VITORINO, H. D. S.; SILVA JUNIOR, A. C. D.; GONÇALVES, C. G.; MARTINS, D. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja em função do espaçamento de semeadura. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 605-613, 2017.

WALKER, E.R.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; KOGER, C.H.; ROBERTS, R.K.; LARSON, J.A. Plant population and row-spacing effects on maturity group III soybean. **Agronomy Journal**, v.102, n.3, p.821-826, 2010.

WEIRICH, N. P. H.; NAMUR, R.T.; DOMINGUES, J.; GARCIA, L. C. Comparison of metering mechanisms of corn seed. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.32, n.5, p.981-988, 2012a WEIRICH, N. P. H.; NAMUR, R.T.; DOMINGUES, J.; GARCIA, L. C. Comparison of metering mechanisms of corn seed. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.5, p.981-988, 2012.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; AGUIAR E SILVA, M. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 734 - 738, 2016.