



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

**ARRANJO DE SEMEADURA AGRUPADA DE SOJA COM
DIFERENTES DENSIDADES E VELOCIDADES OPERACIONAIS**

ALEXANDRE PINTO FERREIRA DE ALMEIDA FARIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA - DF
MARÇO/2021



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

**ARRANJO DE SEMEADURA AGRUPADA DE SOJA COM
DIFERENTES DENSIDADES E VELOCIDADES OPERACIONAIS**

ALEXANDRE PINTO FERREIRA DE ALMEIDA FARIA

Orientador: Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

**BRASÍLIA - DF
MARÇO DE 2021**

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

**ARRANJO DE SEMEADURA AGRUPADA DE SOJA COM
DIFERENTES DENSIDADES E VELOCIDADES OPERACIONAIS**

ALEXANDRE PINTO FERREIRA DE ALMEIDA FARIA

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

APROVADA POR:

TIAGO PEREIRA DA SILVA CORREIA – Professor Doutor, Universidade de Brasília – UnB, Orientador, tiagocorreia@unb.br

LEANDRO AUGUSTO FELIX TAVARES – Professor Doutor, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM/Unaí-MG, Avaliador externo, leandro.tavares@ufvjm.edu.br

CARLOS RENATO GUEDES RAMOS – Professor Doutor, Universidade Federal Rural do Amazonas – UFRA, Avaliador externo, carlos.ramos@ufra.edu.br

BRASÍLIA/DF, 05 DE MARÇO DE 2021

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda proteção, força e saúde para alcançar todos os objetivos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Tiago Pereira da Silva Correia, por todas as oportunidades concedidas, paciência, amizade e dedicação.

A Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília.

A todos os professores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária que contribuíram para minha formação acadêmica.

A todos colaboradores da Fazenda Experimental Água Limpa.

A todos colegas do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola da Faz. Experimental Água Limpa, em especial Arthur Gabriel Caldas Lopes.

À minha companheira Wanessa Cardoso Naves de Mendonça, por todo apoio e motivação para todos meus planos.

Aos meus pais Alex de Almeida Faria e Roberta Pinto Ferreira Faria, e meu irmão Bruno Pinto Ferreira de Almeida Faria, por todos ótimos exemplos, toda educação e assistência para tudo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
2.1 Cultura da soja.....	11
2.2 Semeadura.....	12
2.3 Arranjo espacial de semeadura.....	15
2.3.1 Semeadura convencional.....	17
2.3.2 Semeadura cruzada.....	18
2.3.3 Semeadura em linhas duplas.....	19
2.3.4 Semeadura com espaçamento reduzido entrelinhas.....	20
2.3.5 Semeadura agrupada.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Campo experimental.....	23
3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos.....	23
3.3 Insumos utilizados.....	25
3.4 Máquinas e implementos agrícolas.....	26
3.5 Instalação do experimento.....	27
3.6 Características agronômicas avaliadas.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5. CONCLUSÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

RESUMO

Em busca de aumento nas produtividades a fim de maior aproveitamento de áreas e consequente elevação na rentabilidade de produção de grãos, estudos para contribuir neste sentido têm sido realizado nos últimos anos, pesquisas em arranjos espaciais na cultura da soja está entre os métodos com este intuito. A soja possui alta plasticidade fenotípica, desta maneira a cultura pode alterar seu desempenho quando submetida a diferentes arranjos espaciais em campo. Dentre as diferentes conformações de semeadura da cultura está o agrupamento de sementes de soja, recentemente aplicada por produtores de região Sul do Brasil com o intuito de aumento no desempenho da planta. Desta maneira, o objetivo do trabalho foi avaliar a responsividade de características agronômicas em arranjo agrupado de semeadura de soja. O trabalho foi realizado na Fazenda Água Limpa – FAL, localizada em Brasília – DF e pertencente à Universidade de Brasília (UnB). O experimento foi instalado em sistema plantio direto em campo experimental do Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade de Brasília. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos formados por um esquema fatorial 3 x 4, em que os fatores foram velocidade de semeadura (3; 4,5 e 6 km h⁻¹) e arranjo espacial de semeadura (Convencional com 18 sementes m⁻¹; agrupado com três, quatro e cinco grupos de quatro sementes m⁻¹), com quatro repetições por tratamento. Foram avaliadas a população inicial e final de plantas e as características agronômicas de altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem, diâmetro de hastes, número de vagens, número de ramos, número de grãos por vagem, massa de mil grãos e produtividade da cultura. Os dados foram submetidos ao teste de Tukey e comparada as médias pelo teste F ao nível de 5% de significância. Para os arranjos agrupados e convencional de semeadura as velocidades até 6 km h⁻¹ não influencia a população inicial e final de plantas de soja. A altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro de haste e número de ramos não apresentaram diferenças significativas em função dos arranjos e velocidades de semeadura. O arranjo agrupado de semeadura com três grupos de sementes m⁻¹ possibilita maior número de vagens por planta. Maior produtividade de grãos é possível no arranjo convencional e velocidade de semeadura de 4,5 km h⁻¹.

PALAVRAS-CHAVES: semeadura agrupada, arranjo espacial, velocidade semeadora

ABSTRACT

In search of an increase in productivity in order to make better use of areas and a consequent increase in the profitability of grain production, studies to contribute in this direction have appeared in recent years, research on spatial arrangements in soybean culture is among the methods for this purpose. Soy has high phenotypic plasticity, so the crop can change its performance when subjected to different spatial arrangements in the field. Among the different sowing conformations of the crop is the grouping of soybean seeds, recently applied by producers in the southern region of Brazil in order to increase plant performance. In this way, the objective of the work was to evaluate the responsiveness of agronomic characteristics in a grouped soybean sowing arrangement. The work was carried out at Fazenda Água Limpa - FAL, located in Brasília - DF and belonging to the Universidade de Brasília (UnB). The experiment was installed in a no-tillage system in an experimental field at the Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade de Brasília. The experimental design used was completely randomized, with treatments formed by a 3 x 4 factorial scheme, in which the factors were sowing speed (3; 4.5 and 6 km h⁻¹) and sowing spatial arrangement (Conventional with 18 seeds m⁻¹; grouped with three, four and five groups of four seeds m⁻¹), with four replicates per treatment. The initial and final population of plants and the agronomic characteristics of plant height, height of first pod insertion, diameter of stems, number of pods, number of branches, number of grains per pod, mass of one thousand grains and productivity were evaluated. The data were submitted to the Tukey test and the means were compared by the F test at the 5% level of significance. For grouped and conventional sowing arrangements, speeds up to 6 km h⁻¹ do not influence the initial and final population of soybean plants. The plant height, height of insertion of the first pod, stem diameter and number of branches did not show significant differences depending on the sowing arrangements and speeds. The grouped sowing arrangement with three groups of seeds m⁻¹ allows a greater number of pods per plant. Higher grain productivity is possible in the conventional arrangement and sowing speed of 4.5 km h⁻¹.

KEY-WORDS: grouped seeding, spatial arrangement, seeder speed

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das principais culturas graníferas produzidas no mundo, sendo o Brasil o maior produtor mundial do grão, cujo interesse comercial é crescente e necessário para o atendimento das cadeias de alimentação animal, humana e indústria de biocombustíveis.

Para que a produção consiga suprir a elevada demanda pelos grãos de soja é necessário que a produtividade continue a crescer, impulsionada por pesquisas e inovações em diversas áreas do conhecimento, dentre elas a semeadura e arranjo espacial de plantas. Na semeadura é que se define o arranjo espacial de plantas, seja através da população de plântulas, espaçamento entre linhas ou distribuição longitudinal das sementes no sulco.

Durante a operação de semeadura alguns fatores podem representar riscos de ocorrência de falhas à distribuição longitudinal de sementes e conseqüentemente ao arranjo espacial de plantas, sendo a velocidade operacional elevada e a inadequada escolha dos discos dosadores e anéis, os principais. Na contramão do que prega conceitos de boas práticas de semeadura, produtores demandam velocidade operacional cada vez maior, mecanismos dosadores capazes de dosar e distribuir sementes nessa condição, e arranjo espacial de plantas resultante que apresente satisfatória produtividade de grãos.

Para qualquer semeadura é importante que o arranjo espacial de plantas e a população desejada de plantas sejam atendidos, pois essas características são fundamentadas na melhor possibilidade de competição intraespecífica e otimização de recursos naturais, podendo ocasionar incrementos de produtividade, maior tolerância a insetos praga, doenças e plantas daninhas. O arranjo espacial de plantas mais utilizado para sojicultura emprega linhas de semeadura paralelas (convencional), mas também podem serem adotados arranjos com linhas de semeadura cruzadas, linhas duplas (fileiras duplas) ou linhas reduzidas (fileiras reduzidas). As possibilidades de arranjo espacial para semeadura de soja são possíveis devido seu efeito de morfologia compensatória, sendo capaz de alterar sua morfologia para melhor adaptar-se a condições de competição intraespecífica por luz, água e nutrientes.

Além dos arranjos mencionados, recentemente produtores da região sul do Brasil iniciaram em algumas áreas a semeadura agrupada de soja, relatada como tentativa de melhorar a emergência de plântulas e a produtividade de grãos. O rearranjo espacial de semeadura da

cultura consiste basicamente na distribuição longitudinal de grupos de sementes ao longo do sulco, sem, contudo, haver informações técnico-científicas de como a realizar e seus efeitos de respostas para a cultura da soja. Sendo assim, originou a necessidade de realização deste trabalho.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho foi avaliar a responsividade de características agronômicas em arranjo agrupado de semeadura de soja.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Avaliar as diferentes velocidades de semeadura para o arranjo agrupado e convencional.
- II. Comparar as características entre os arranjos agrupado e convencional.
- III. Avaliar produtividade dos diferentes arranjos espaciais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da soja

A soja é uma das mais importantes culturas agrícolas produzidas e comercializadas no mundo, sendo seus grãos utilizados como matéria prima para alimentação humana, animal e na indústria de biocombustível (FILHO et al., 2004). A diversidade de uso dos grãos deve-se principalmente aos altos teores de proteína e óleo, sendo possível ultrapassar valores de 40% de proteína e 20% de óleo (SILVA et al., 2006).

Na safra 2019/2020 a produção mundial de soja foi de 337 milhões de toneladas e área total cultivada de 122,6 milhões de hectares. O Brasil, maior produtor do grão, teve nesta safra a produção de 124,8 milhões de toneladas em 36,9 milhões de hectares cultivados, obtendo produtividade média de 3.379 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

Para a economia brasileira são expressivos os números obtidos pela comercialização da produção de soja, segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2018), na safra 2019/2020 o valor total exportado do complexo soja (grão, óleo e farelo) alcançou US\$32,6 bilhões.

Os avanços da tecnologia com programas de melhoramento genético, biotecnologia e mecanização da cultura foram responsáveis pela ampliação da escala de cultivo da cultura nas regiões antes não produtoras (BISINOTTO, 2013). O melhoramento genético foi de suma importância para tornar as regiões supracitadas produtoras, disponibilizando cultivares adaptadas às diversas condições de solo e clima do Brasil (DALL'AGNOL; VIDOR, 2002). Sedyama (2009) destaca ainda que a expansão da sojicultura no país deveu-se a topografia plana e favorável à mecanização, o baixo valor das terras agricultáveis e subsídios para suas compras.

Além do descrito a cultura da soja possui a característica de plasticidade à competição intraespecífica, também denominada de fator compensatório da soja. Essa característica da cultura significa a capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo por meio de modificações morfológicas da planta, desde a arquitetura aos componentes

do rendimento, podendo serem desencadeadas por fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entre linhas (LUDWIG et al., 2011).

Heiffig et al. (2010) atribuem que diferentes características agronômicas da cultura podem ser alteradas pela densidade de plantas, sendo a altura de inserção da primeira vagem, altura de plantas e número de ramificações as características mais atingidas, mas a produtividade de grãos pode não diferir significativamente dentro de uma amplitude determinada entre menor e maior densidades de plantas por hectare. Segundo Balbinot Junior et al. (2018) e Carvalho et al. (2013), em cultivares de soja de crescimento indeterminado, a característica agronômica de número de vagens por planta é a que mais se altera, e é fortemente atribuída a produtividade de grãos, esta característica apresenta variação inversamente proporcional à densidade de plantas, atestando a plasticidade fenotípica da soja.

Sabendo-se da capacidade de plasticidade da soja o produtor pode ser capaz de adequar o melhor arranjo espacial da cultura no campo, buscando a melhor interação entre plantas e ambiente, melhor adequação às condições de cultivo e possibilidades de maior produtividade, facilidade operacional e economicidade (CÂMARA e HEIFFIG, 2000).

2.2 Semeadura

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1994), a operação de semeadura pode ser realizada com máquinas semeadoras ou semeadoras-adubadora, classificadas conforme a forma em que distribuem as sementes, podendo ser de fluxo contínuo ou de precisão. As semeadoras de fluxo contínuo caracterizam-se por dosar e distribuir sementes miúdas (arroz, aveia, trigo, cevada entre outras), por método de filete contínuo ao longo do sulco de semeadura, não as dosando e depositando as sementes de forma individualizada e em espaçamentos regulares uma da outra. Diferentemente as semeadoras de precisão caracterizam-se por dosar e distribuir sementes graúdas (milho, soja, algodão, feijão entre outras), através da dosagem e distribuição individualizada e equidistantes das mesmas no sulco de semeadura.

Segundo Mialhe (2012) os mecanismos dosadores das semeadoras de fluxo contínuo são predominantemente do tipo rotor acanalado ou rotor acanalado helicoidal, e nas semeadoras de precisão são mais usuais os do tipo disco horizontal alveolado (dosador mecânico) ou dosador pneumático.

Portela (1997) e Mialhe (2012) descrevem que nos dosadores mecânicos o disco alveolado é disposto horizontalmente no fundo do reservatório de sementes, de onde dosa as sementes às captando por movimento de rotação e preenchimento dos alvéolos, a partir do deslocamento da semeadora e acionamento de sistema de transmissão da mesma. Captadas pelos alvéolos as sementes são transportadas até à saída do dosador, onde são dispensadas por gravidade em um tubo condutor de sementes, que as direcionam até o sulco de semeadura. Nos dosadores pneumáticos as sementes são captadas por pressão negativa de fluxo de ar, sendo succionadas contra alvéolos de um disco posicionado verticalmente dentro do dosador. Com o disco em rotação e as sementes comprimidas contra os alvéolos, elas são transportadas até a saída do dosador, onde, por interrupção da sucção de ar, são dispensadas dentro do tubo condutor que as direcionam até o sulco. Os autores salientam que o diâmetro dos alvéolos do disco do dosador pneumático é menor que as sementes, e que o diâmetro dos alvéolos do disco horizontal do dosador mecânico deve ser cerca de um milímetro maior que o diâmetro das sementes.

Independente do dosador da semeadora de precisão, o importante é que ele dose uma única semente por alvéolo do disco, devendo ser criteriosamente escolhidos para que sejam evitadas falhas e duplas durante a dosagem.

Para que os mecanismos dosadores disponham a precisão necessária para correta dosagem das sementes, é indispensável que seja considerada a velocidade operacional de semeadura (TROGELLO et al., 2013). Segundo Cortez et al. (2006), o excesso de velocidade operacional eleva a velocidade de rotação dos discos dosadores, denominada também de velocidade tangencial do disco, sendo impeditiva à correta captação de sementes pelos alvéolos, resultando falhas na dosagem e distribuição delas no sulco. Dalafosse (1986), Pacheco et al. (1996), Portela (1999), Reis e Alonço (2001), Canova et al. (2007) e Mialhe (2012), mencionam que os limites de velocidade de semeadura para correta dosagem e distribuição longitudinal das sementes no sulco de semeadura devem ser de até 6 km h^{-1} para semeadoras com mecanismo dosador de disco horizontal e até 8 km h^{-1} para semeadoras com mecanismo dosador pneumático.

Pacheco et al. (1996) esclarecem que quando as sementes são liberadas do dosador para o tubo condutor em queda livre, adquirem um componente vertical de velocidade devido a aceleração da gravidade e um componente horizontal decorrente da velocidade de avanço da semeadora, sendo que em condição de maiores velocidades de semeadura o

componente horizontal faz com que as sementes ricocheteiem contra as paredes do tubo, resultando o retardamento do tempo de queda até o solo, rolamento ou salto para fora do local correto no sulco de semeadura no momento do impacto com o solo. Reis et al. (2007) caracteriza que em semeadoras mais modernas, os mecanismos dosadores das sementes se encontram mais próximo ao solo com intuito de diminuir a distância em queda livre pelo tubo condutor, pois este pode afetar o desempenho da distribuição.

Correia et al. (2020) realizaram experimento utilizando mecanismo dosador horizontal convencional e com tecnologia Titanium na semeadura de soja, apesar de esta tecnologia ajudar a diminuir o número de erros (espaçamentos falhos e duplos) em ambos mecanismos dosadores de sementes pode-se observar decréscimo da precisão conforme houve o incremento da velocidade (4,5, 6,2, e 8,2 km h⁻¹). Os resultados obtidos por Reynaldo et al. (2016) corroboram o trabalho exposto, os autores também trabalharam com o incremento da velocidade de deslocamento na semeadura de soja (2, 4, 6, 8, 10 e 12 km h⁻¹) em semeadora de disco horizontal convencional e concluíram que o aumento desta interferiu nos espaçamentos negativamente e ainda reduziu a produtividade da cultura.

Outros fatores importantes relatados por Kondo & Dias (1999) e Koakoski et al. (2007) para garantia do estande adequado de plantas, são as regulagens de pressão das rodas compactadoras da máquina semeadora e profundidade de deposição das sementes no sulco de semeadura. As rodas compactadoras exercem pressão sobre o solo com intuito de garantir maior contato entre ele e as sementes, compactando de forma moderada para viabilizar a turgescência, germinação e emergência das plântulas. A compactação exercida pelas rodas compactadoras possui grande importância para formação adequada do estande de plantas, Modolo et al. (2006) comprovam esta afirmação ao realizar um trabalho utilizando quatro diferentes pressões das rodas compactadoras (0,50, 90 e 140 N) e a utilização da carga máxima aplicada pelos autores gerou retardamento de emergência das plântulas.

A profundidade de deposição das sementes pode influenciar a emergência das plântulas e seu posterior desenvolvimento, quando depositada em profundidade maior que a recomendada é possível que a emergência entre plantas seja desuniforme, ocasionando plantas com desvantagens na competição por luz, água e nutrientes, denominadas plantas “dominadas”, as quais apresentarão menor vigor e déficit produtivo. Já a profundidade de semeadura menor que a recomendada, ou seja, superficial, induz plantas com sistema radicular superficial, suscetíveis a prejuízos por tombamento, déficit hídrico e desnutrição.

2.3 Arranjo espacial de semeadura

Conforme descrito por Pires et al. (2000), Rambo et al. (2004) e Oliveira (2010), o arranjo espacial de semeadura, e portanto arranjo espacial de plantas, consiste na adequação da população de plantas por unidade de área, adequação da distribuição longitudinal de plantas na linha de semeadura e a disposição das linhas na área de cultivo, de modo a proporcionar o pleno desenvolvimento e produtividade das plantas pelo máximo aproveitamento de recursos naturais como luz, água e nutrientes disponíveis, recursos fitossanitários oferecidos pelo produtor, e recursos genéticos atribuídos às sementes (PIRES et al., 2000; RAMBO et al., 2004).

Segundo Rambo et al. (2002) e Heiffig (2002), a principal influência do arranjo de plantas para a cultura da soja é que ele pode explorar positivamente a capacidade de plasticidade fenotípica da cultura à competição intraespecífica, por exemplo através de maior ou menor população de plantas, maior ou menor penetração de luz no dossel das plantas entre outras condições, capazes de estimular o metabolismo das plantas e influenciar diretamente a produtividade de grãos. O que é atestado por Jasper et al. (2011), que obtiveram espaçamentos falhos na linha de semeadura, sem a esperada uniformidade na distribuição de plantas de soja e assegurando a densidade populacional exigida para a cultivar trabalhada, e não houve queda na produtividade de grãos, demonstrando que variações na distribuição de plantas de soja podem não prejudicar o desenvolvimento da cultura devido à plasticidade fenotípica expressada pela espécie. E os trabalhos de Peixoto et al. (1999) e Mauad et al. (2010) apontam que as plantas de soja são capazes de compensar a produtividade em menores populações também, devido ao aumento de número de nós reprodutivos, vagens e grãos por vagens.

Segundo Tourino et al. (2002), a produtividade de soja pode ser diretamente responsiva tanto à população de plantas como ao espaçamento entre linhas de semeadura. Convencionalmente, Balbinot Junior et al. (2015) citam que a cultura utiliza populações que variam basicamente em função da cultivar, disponibilidade de luz e amplitude luminosa, água e nutriente, sendo em geral de 250 a 350 mil plantas ha^{-1} . Tourino et al. (2002) informam populações que variam entre 200 e 300 mil plantas ha^{-1} , a depender do quão moderna geneticamente é a cultivar, sua adaptabilidade geográfica e disponibilidades edafoclimáticas. Contestando a afirmações sobre a resposta produtiva quanto à população de plantas, o trabalho realizado por Buchling et al. (2017) apontou que diferentes populações de semeadura (150 a

450 mil plantas ha⁻¹) geraram pouca influência na produtividade de grãos. Contudo Junior Ramos et al. (2019) realizaram experimento com variação de 140 a 380 mil plantas ha⁻¹, sendo observado o aumento de produtividade em função do aumento da população de plantas, porém não conseguiram estabilidade na produção de grãos a fim de estabelecer as populações mais adequadas.

De acordo com Tourino et al. (2002), o espaçamento entre linhas ideal para soja não é taxativamente definido devido à sua plasticidade fenotípica. Contudo, Balbinot Junior et al. (2002) descrevem ser usual entre 0,4 e 0,6 m para arranjo de semeadura convencional. Os autores ressaltam que a associação entre maiores populações e menor espaçamento pode reduzir a produtividade, e maior população em maior espaçamento pode não alterar a variável. Balena et al. (2016) evidenciam a plasticidade fenotípica da soja realizando o experimento com espaçamentos entre linhas distintos (0,20 e 0,50 m) e população de 300 mil plantas ha⁻¹ em ambos, obtendo altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem e produtividade similares. Resultado similar é encontrado por Heiffig et al. (2006) que testam diferentes espaçamentos variando de 0,20 a 0,70 m e não obtiveram efeito sobre a produtividade. O trabalho realizado por Pereira et al. (2018) vai de encontro às afirmações anteriores, pois manteve a população, testou quatro espaçamentos (0,22, 0,44, 0,66 e 0,88 m) e encontrou maior produtividade no espaçamento de 0,60 m, inferindo que a soja neste espaçamento pode obter rendimentos superiores. Para Pires et al. (1998), o ideal é que se experimente cultivares no campo e avalie suas respostas agronômicas à população de plantas e espaçamento entre linhas.

Além da influência no rendimento de grãos, Carvalho et al. (2013) consideram importante considerar as influências do arranjo espacial de plantas no desenvolvimento vegetativo das mesmas. Segundo os autores o arranjo espacial das plantas pode alterar a altura das plantas, o diâmetro de haste e a altura de inserção da primeira vagem, influenciando a suscetibilidade ao acamamento e perdas na colheita. Com o intuito de avaliar tais características, Martins et al. (2020) realizaram experimento com a soja em diferentes arranjos espaciais (convencional e reduzido) e populações de plantas (200 a 500 mil plantas ha⁻¹) e foi observado que conforme há o aumento na população, há o aumento na altura de plantas. Isto é devido a maior competição por luz e conseqüente estiolamento, independente do arranjo espacial utilizado (MODOLO et al., 2016; CARMO et al., 2018). Com o aumento de altura das plantas, houve o aumento na altura de inserção da primeira vagem, o que pode significar menores perdas na colheita mecanizada da cultura. Contudo é importante destacar que o

aumento da população em cultivares de porte conhecidamente elevado gera incremento ainda maior na altura de plantas, sendo capaz de favorecer o acamamento e gerar prejuízos na colheita (PROCÓPIO et al., 2014)

Devido a mencionada plasticidade fenotípica diversos arranjos espaciais de plantas são possíveis durante a operação de semeadura de soja, sendo, segundo Procópio et al. (2014) e Garcia (2017), o mais usual o convencional, cujas linhas de semeadura são dispostas paralelamente. Além do arranjo convencional, Silva et al. (2015) citam as possibilidades de arranjos para a cultura a partir da semeadura cruzada de linhas, semeadura com linhas duplas e semeadura com espaçamentos reduzidos entre linhas. A esses, Balbinot Junior et al. (2017) citam ainda que recentemente alguns produtores da região sul do Brasil idealizaram e têm utilizado o arranjo com a semeadura agrupada da soja, ou simplesmente soja agrupada, e que o método é relatado por usuários e meios de comunicação como potencialmente produtivo, embora sejam escassos resultados de pesquisa sobre o mesmo.

2.3.1 Semeadura convencional

De acordo com Sedyama et al. (2015), a semeadura convencional, ou arranjo espacial convencional de semeadura, ou arranjo convencional de plantas, de culturas como soja, milho, feijão, algodão entre outras, consiste na distribuição longitudinal e equidistante das sementes em sulcos de semeadura dispostos paralelamente na área de cultivo, conforme ilustra a Figura 1. Segundo Balbinot Junior et al. (2002), o método de semeadura é o mais utilizado para sojicultura e, se corretamente realizado, deve resultar espaçamentos regulares entre linhas de plantas e equidistância entre plantas na linha.

Garcia (2010), Silva et al. (2015), Debiasi et al. (2017) entre outros diversos pesquisadores, descrevem que na semeadura convencional de soja o espaçamento entre linhas varia predominantemente de 0,4 a 0,6 m. Espaçamentos menores não são descartados, porém, operacionalmente Silva et al. (2015) descrevem que são menos adotados devido impossibilidade de regulagem da maioria das máquinas semeadoras disponíveis no mercado brasileiro e incompatibilidade de largura dos rodados de máquinas para pulverização.

Além das dificuldades de adequação da maquinaria agrícola, Holtz et al. (2014) apontam que espaçamento entre linhas reduzido a 0,3 m entre linhas de soja ocasiona elevada densidade e fechamento foliar da cultura, restringindo a deposição de gotas de pulverização nos terços médio e inferior das plantas, dificultando o controle químico de doenças e pragas.

Espaçamento maior que 0,6 m entre linhas os autores descrevem serem mais susceptíveis à emergência de plantas daninhas, pois a densidade foliar das plantas de soja pode não sombrear completamente os espaços entre linhas da lavoura, não suprimindo as daninhas.

Comparando espaçamentos entre linhas na semeadura convencional de soja (0,2 e 0,5 m) e diferentes densidades populacionais (150, 300 e 450 mil sementes ha⁻¹), Simionato et al. (2014) verificaram maior produtividade de grãos para o espaçamento de 0,5 m entre linhas, independente das densidades de semeadura utilizada. Contudo, Balena et al. (2016) não verificaram diferenças na produtividade da cultura ao utilizar espaçamento de 0,25 e 0,50 m, ambas se mantiveram similares. Tornando a alteração de espaçamento entre linhas ainda controverso (AKOND et al., 2013)

2.3.2 Semeadura cruzada

De acordo com Lima et al. (2012), a semeadura cruzada de soja foi visionada a partir da observação por produtores das margens de áreas de cultivo cuja semeadura era sobreposta como forma de compensar as falhas de locais de manobras e inícios de semeadura, os quais, de maneira empírica, relatavam incrementos de produtividade nas semeaduras marginais.

De acordo com Lima et al. (2012), Balbinot Junior et al. (2013) e Silva et al. (2015), a semeadura cruzada de soja é definida pela sobreposição perpendicular de linhas de semeadura, necessariamente por duas operações de semeadura convencional, em que a segunda cruza as linhas da primeira em entorno de 90°. Ao final a semeadura cruzada origina um arranjo espacial de plantas similar a um tabuleiro de xadrez.

Comparando o arranjo de semeadura cruzada e semeadura convencional, Lima et al. (2012) verificaram maior produtividade para o cruzado, superando em apenas 4,8 sacos de 60 kg por hectare, os resultados indicaram que para conseguir maior produtividade foi necessário manter a maior população, pois as plantas na semeadura cruzada tiveram menor quantidade de vagens e grãos por vagem. Os autores ainda salientaram atenção às doses de adubo, sementes e o intenso tráfego de máquinas na operação de semeadura, fatores que podem dobrar os custos e inviabilizar a semeadura cruzada. Os autores indicaram ainda que a distribuição de plantas no sistema cruzado possibilita severidade até 19% maior às ferrugens foliares, devido ao intenso fechamento do dossel das plantas.

Silva et al. (2015) concluíram que a soja em sistema de semeadura cruzada é capaz de render maior produtividade ao compará-la com a semeadura convencional. Contudo os autores não recomendam a semeadura cruzada devido aos altos custos embutidos e a possibilidade de não gerar maior receita líquida. Tavares et al. (2019) também afirmam que os custos podem ser aproximadamente 100% superiores ao compará-los ao sistema convencional de semeadura.

Pereira et al. (2018) expõem resultados indicando produtividade igual nas semeaduras convencional e cruzada, ambas em torno de 55 sacas por hectare, mesmo utilizando o dobro da população do sistema convencional (200 mil plantas ha⁻¹) no método cruzado (400 mil plantas ha⁻¹). Neste experimento foram notados menor massa seca da parte aérea, menor número de vagens por planta e menor número de folhas por planta no plantio cruzado, fatores que justificam a falta de variação na produtividade entre os sistemas e consolidam a plasticidade fenotípica da cultura. Dentre os fatores citados, pode-se afirmar que o componente mais importante em relação à produção é o número de vagens por planta, diretamente influenciados pelo arranjo de plantio (HEIFFIG, 2002)

Carvalho et al. (2013), Balbinot Junior et al. (2013), Silva et al. (2015) e Debiassi et al. (2017) salientam limitações importantes à semeadura cruzada, como o elevado risco de formação de erosões em terrenos ondulados pois uma das passadas irá ocorrer paralelamente ao declive, maior intensidade do tráfego de máquinas e conseqüentemente compactação do solo, maior revolvimento e exposição do solo e maior susceptibilidade para emergência de plantas daninhas.

2.3.3 Semeadura em linhas duplas

De acordo com Nelson (2007) e Carvalho et al. (2013), a semeadura de soja em linhas duplas consiste na intercalação de espaçamentos menores e maiores entre linhas, sendo de 0,15 a 0,25 m x 0,5 a 0,75 m, resultando um arranjo espacial de plantas com fileiras duplas.

Segundo Bruns (2011) e Carvalho et al. (2013), a semeadura de soja em linhas duplas contribui para o controle químico de plantas daninhas, pois indicam facilidade de penetração das gotas de pulverização entre as entre linhas maiores do arranjo.

O arranjo espacial em linhas duplas demanda mais de uma atividade de semeadura, gerando maior custo total na implementação da lavoura, pois a semeadora de

precisão não possui regulagem para 20 cm entre linhas, necessitando duas atividades para alcançar o menor espaçamento entre as linhas de distribuição (TAVARES et al., 2019)

Utilizando espaçamentos de 0,19 m x 0,38 m e 0,19 m x 0,57 m, Procópio et al. (2014) identificaram produtividade de grãos de soja semelhante a obtida no arranjo por semeadura convencional.

Tavares et al. (2019) utilizando espaçamento de 0,20 m x 0,60 m, obteve 15% a mais de produtividade comparando ao tratamento de semeadura convencional. Os autores realizaram avaliações quanto a viabilidade econômica deste método de semeadura, e concluíram que apesar de possuir maior custo total devido a mais de uma operação de semeadura na mesma área, o método pode gerar maior produtividade, rentabilidade e benefício/custo.

2.3.4 Semeadura com espaçamento reduzido entrelinhas

O arranjo de semeadura com espaçamento reduzido entre linhas é caracterizado pela adoção de espaçamentos inferiores a 0,4 m entre as linhas de semeadura, sendo utilizado 0,2 m entrelinhas segundo Pires et al. (2000), Rambo et al. (2003) e Parcianello et al. (2004), originando um arranjo espacial de plantas.

Rambo et al. (2003) expõem que a redução do espaçamento entre linhas na semeadura da soja conseqüentemente aumenta o número de linhas, e que devido isso é esperada menor densidade de semeadura, resultando arranjo espacial de plantas mais espaçadas longitudinalmente se comparada a semeadura convencional. Por resultar em menor competição intraespecífica os autores mencionam a possibilidade de maior produtividade de grãos de soja pela semeadura com espaçamento reduzido entre linhas.

Em estudo realizado por Parcianello et al. (2000), sobre densidade de semeadura de soja em espaçamento reduzido entre linhas (20 cm), houve incremento de 21% na produtividade ao comparar com o maior espaçamento (40 cm), ambos com densidade de 400 mil plantas.m⁻². Diferentemente, Pires et al. (2000) comparando densidades de semeadura de 300 e 400 mil plantas.m⁻², não identificaram diferenças significativas para a produtividade de grãos de soja.

Solano e Yamashita (2012) realizaram experimento comparando semeadura de soja com espaçamentos entre linhas de 0,2; 0,4 e 0,6 m, mantendo a mesma população de plantas para todas, 400 mil plantas ha⁻¹, e identificaram mesma produtividade de grãos para os espaçamentos 0,20 e 0,40 m, obtendo 3466 kg ha⁻¹ e 3429 kg ha⁻¹, respectivamente. Contudo, a produtividade de 0,2 e 0,4 m foi maior que a 0,6 m, a qual obteve produtividade de 3009 kg ha⁻¹. Heiffig (2002) explica que menores produtividades em maiores espaçamentos e população inalterada acarretam menor competição entre as plantas e menor número de indivíduos por área, podendo gerar a menor produção.

A viabilidade econômica da semeadura adensada se torna similar às linhas cruzadas ou duplas, pois de maneira similar exigem mais de uma operação para estabelecimento da lavoura, demandando maior custo e tempo, isto devido à semeadora não possuir regulação para espaçamentos entre linhas de 20 cm (TAVARES et al., 2019).

2.3.5 Semeadura agrupada

A semeadura agrupada de soja é caracterizada por Balbinot Junior et al. (2017) como a distribuição longitudinal de grupos de sementes ao longo do sulco de semeadura. De acordo com os autores forma-se um arranjo espacial de grupos de plantas distribuídos de forma equidistantes ao longo do sulco de semeadura, contendo em cada grupo de quatro a seis plantas.

O agrupamento de sementes no sulco de semeadura possibilita maior força à emergência das plântulas em solos pesados e com selamento superficial pela somatória das forças das plântulas. A técnica pode levar à economia de sementes e aumentos na produtividade devido ao efeito bordadura causado entre os grupos de plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2017).

Em relação à produtividade da cultura, Duarte (2019) realizou testes com duas cultivares em sistema de semeadura agrupada e convencional, sendo a BRS 232 com característica de crescimento determinado e a NS 6906 de hábito indeterminado. Para a BRS 232 obteve produtividade de 4.900 kg ha⁻¹ em sistema agrupado e 7.400 kg ha⁻¹ em sistema convencional, constatando menor produtividade no sistema agrupado para esta cultivar. Para a cultivar NS 6906 não houve diferença significativa entre os arranjos espaciais, alcançando produtividades de 5.550 kg ha⁻¹ e 5.800 kg ha⁻¹, para semeadura agrupada e convencional, respectivamente.

Bisinella e Simonetti (2017) também realizaram experimentos utilizando duas cultivares distintas (ND 4823 e ND 5909), mantendo as populações similares, e por fim alcançaram massa de mil grãos e produtividade estatisticamente superiores no arranjo agrupado, obtendo média de 321 kg ha⁻¹ de incremento. Os autores também testaram a porcentagem de emergência aos 15 dias após semeadura, altura de plantas e massa fresca da parte aérea e radicular aos 30 dias, por fim relatam não haver influência significativa nestes parâmetros quando se compara os dois arranjos espaciais (agrupado e convencional).

Balbinot Junior et al. (2017) e Santos et al. (2018) concluíram que a altura de plantas, acamamento, número de vagens, número de grãos, massa de mil grãos e a produtividade da soja em arranjo espacial agrupado é similar ao obtido na semeadura convencional, no trabalho foram testados diferentes espaçamentos entre os grupos de plantas, consistindo na distribuição equidistante de sementes, duas sementes a cada 16 cm, três sementes a cada 24 cm, quatro sementes a cada 32 cm e cinco sementes a cada 40 cm, o número de sementes por grupo foram alterados para manter a população, para todos os tratamentos foram utilizados 50 cm entre linhas, os testes foram realizados durante três anos e não houve diferenças significativas em nenhum dos fatores descritos acima. Resultado similar, quanto à produtividade da soja nos arranjos agrupado e convencional, com valores estatisticamente não significativos é encontrado por Serraglio e Simonetti (2017). Os autores destacam a necessidade de mais pesquisas e informações científicas a respeito da semeadura agrupada de soja, trabalhando com outras cultivares e ambientes de produção.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Campo experimental

O experimento foi realizado durante a safra agrícola 2018/2019 na Fazenda Experimental Água Limpa, situada em Brasília/DF e pertencente a Universidade de Brasília. A área experimental foi localizada sobre as coordenadas geográficas 15°56'43.1"S e 47°55'57.0"W, cujo histórico de cultivo trata-se da sucessão soja na primeira safra e milho na segunda desde 2016/2017.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-amarelo (EMBRAPA, 2013). Segundo a classificação climática de Köppen e Geiger, o clima da região é o Aw, caracterizado pelo clima subtropical de inverno seco, com ocorrência de chuvas no verão e seca no inverno, apresentando médias térmicas entre 18°C e 22°C, média anual de pluviosidade de 1668 mm e altitude média de 1100 m.

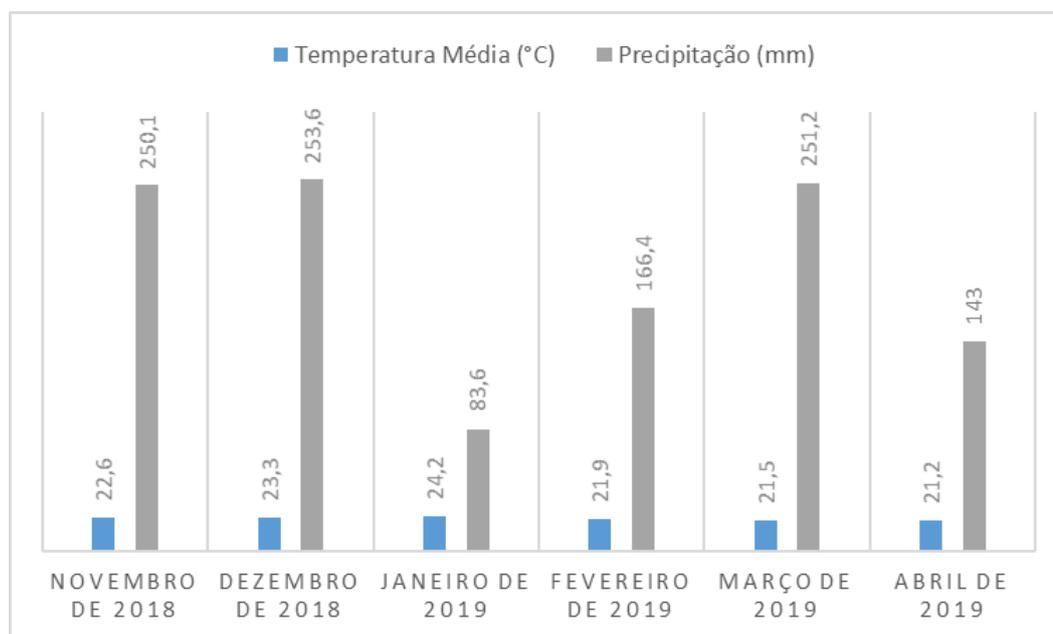


Figura 1. Índices pluviométricos e temperaturas médias no período de realização do experimento.

3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos formados por um esquema fatorial 3 x 4, em que os fatores foram velocidade de semeadura (3; 4,5 e 6 km h⁻¹) e arranjo espacial de semeadura (Convencional com 18 sementes

m^{-1} ; agrupado com três, quatro e cinco grupos de quatro sementes cada m^{-1}), com quatro repetições por tratamento.

Para maior organização e facilidade de identificação dos fatores que compõem os tratamentos, foram atribuídas as legendas descritas na Tabela 2.

Tabela 1. Identificação das velocidades e arranjos espaciais de semeadura utilizados para composição dos tratamentos.

Legenda	Fator	Descrição
V1	Velocidade de semeadura	3 km h ⁻¹
V2		4,5 km h ⁻¹
V3		6 km h ⁻¹
C	Arranjo espacial de semeadura	Convencional com 18 sementes m ⁻¹
A3		Agrupado com 3 grupos de sementes* m ⁻¹
A4		Agrupado com 4 grupos de sementes* m ⁻¹
A5		Agrupado com 5 grupos de sementes* m ⁻¹

*Quatro sementes de soja por grupo.

Os tratamentos totalizaram 48 parcelas experimentais, cada uma com dimensões de 25 m de comprimento e 1,5 m de largura, dispostas conforme croqui experimental ilustrado pela Figura 2.



Figura 2. Croqui experimental.

3.3 Insumos utilizados

O experimento foi instalado em sistema plantio direto, sendo a área dessecada 30 dias antes da semeadura com herbicida Glifosato na dosagem de 4 L ha^{-1} e taxa de aplicação de 200 L ha^{-1} .

As sementes de soja utilizadas foram da marca Agroeste, variedade AS3680 IPRO, de ciclo médio (104 dias), grupo de maturação 6,8, ciclo vegetativo de 36 dias, hábito de crescimento indeterminado, planta de arquitetura ereta, recomendada pelo fabricante para população de $360 \text{ mil plantas ha}^{-1}$ para a região.

As sementes foram tratadas com Vitavax Thiram® (200 g. L^{-1} de Carboxina + 200 g. L^{-1} de Tiram + 249 g. L^{-1} de Etileno Glicol) utilizando 36 mL do produto para 12 kg de sementes, seguindo a recomendação do fabricante. Posteriormente as sementes foram inoculadas com inoculante MasterFix L® ($5 \times 10^9 \text{ UFC m L}^{-1}$ de Semia 5019 e Semia 5079, *Bradyrhizobium elkanII* e *Bradyrhizobium japonicum* respectivamente).

Para adubação de base foi utilizado o adubo formulado NPK 04-30-16, na dosagem de 400 kg ha⁻¹ aplicado via sulco de semeadura, determinada conforme recomendação de adubação proposta por Sousa e Lobato (2004) e resultado de análise química do solo da área experimental, indicado na Tabela 1.

Tabela 2. Valores obtidos na análise química do solo da área experimental.

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O.	V%
	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³			dag kg ⁻¹	%	
5,7	10,20	61,00	3,11	1,26	0,00	3,14	3,65	59,00

Durante o ciclo da cultura foram aplicadas herbicida Glifosato na dosagem de 4 L ha⁻¹ e taxa de aplicação de 200 L ha⁻¹, para controle de percevejo foi realizada uma pulverização com o inseticida de nome comercial Keshet 25 EC, na dosagem 300 mL ha⁻¹ e volume de calda de 200 L ha⁻¹ e para prevenção de doenças fúngicas e bacterianas foi realizada uma aplicação do fungicida de nome comercial Nativo na dosagem de 0,50 L ha⁻¹ no volume de calda de 150 L ha⁻¹.

3.4 Máquinas e implementos agrícolas

A semeadura do experimento foi realizada utilizando uma semeadora-adubadora de precisão da marca Jumil, modelo JM 3060PD, configurada com sete linhas de semeadura espaçadas em 0,475 m, mecanismo dosador de sementes do tipo disco horizontal alvéolado, discos lisos de corte de palha, mecanismo sulcador para sementes do tipo disco duplo desencontrado e mecanismo sulcador para adubo do tipo haste, modelo facão. O trator utilizado para tracionar a semeadora-adubadora foi da marca New Holland, modelo TM7020 4 x 2 TDA, transmissão semiautomática e potência bruta de 109,58 kW (149cv) no motor. Para realização das pulverizações durante o ciclo da cultura foi utilizando o pulverizador de barra Jacto Falcon AM14 Vortex com capacidade de 600 L de calda, acoplado ao trator New Holland, modelo TL 85 4x2 TDA.

Para semeadura convencional os discos dosadores de sementes utilizados nos mecanismos dosadores da semeadora-adubadora foram da marca Jumil, contendo 90 alvéolos e oito milímetros de diâmetro cada, denominado disco horizontal convencional (DC). Para semeadura agrupada foram utilizados discos dosadores manufaturados com 12 alvéolos de 16

mm de diâmetro cada (compatível ao alojamento de quatro sementes no alvéolo), espaçados em 30° e a 10,7 cm do centro do disco, denominado disco horizontal soja agrupada (DSA).

Para ambos tipos de discos dosadores foram utilizados anéis lisos e a semeadora-adubadora foi regulada para deposição de 18 sementes m^{-1} na semeadura convencional, e 12, 16 e 20 sementes m^{-1} divididas em grupos de quatro sementes, conforme tratamento A3, A4 e A5 respectivamente.

3.5 Instalação do experimento

A semeadura das parcelas foi realizada em 14 de novembro de 2018 sendo que em 05 de novembro de 2018 foram realizadas pré regulagens da semeadora-adubadora conforme cada tratamento, sendo definidas as populações de plantas desejadas, as relações de engrenagens do câmbio da semeadora-adubadora e o escalonamento de marchas do trator, conforme Tabela 2. Dessa forma, durante a semeadura das parcelas as regulagens foram facilmente ajustáveis, possibilitando que todos os tratamentos fossem semeados no mesmo dia.

Tabela 3. Regulagens da semeadora-adubadora e trator.

Arranjo de semeadura	População desejada	Disco dosador	Engrenagens ¹ (motora/movida)	Velocidade (km h ⁻¹)
A3	252.600,0	DSA	28/19	V1
A4	336.800,0	DSA	33/15	V2
A5	421.000,0	DSA	35/15	V3
C	360.000,0	DC	-	-

¹engrenagens do câmbio da semeadora-adubadora JM 3060PD. DSA e DC: disco horizontal soja agrupada e disco horizontal convencional respectivamente, descritos no item Máquinas e implementos agrícolas.

3.6 Características agronômicas avaliadas

3.6.1 População inicial e final de plantas

As populações inicial e final de plantas de soja foram realizadas aos 35 e 140 dias após a semeadura respectivamente, sendo os dados coletados pela contagem manual das plantas contidas em dez metros de comprimento das duas linhas centrais de cada parcela,

perfazendo 20 m de linha por parcela. As populações foram determinadas extrapolando os dados para plantas ha⁻¹.

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

A AP e APV foram avaliadas aos 140 dias após a semeadura, em 20 plantas das duas linhas centrais de cada parcela. Ambas avaliações foram realizadas com trena métrica de precisão 0,01 m. A AP foi considerada a distância medida entre a superfície do solo e o ápice das plantas de soja (proporcional a inserção da última vagem na haste), e a APV a distância medida entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem na haste.

O DH foi obtido utilizando um paquímetro de precisão 0,01 cm, sendo a medida realizada a cinco centímetros de altura da haste em relação a superfície do solo. O DH foi realizado em 20 plantas das duas linhas centrais de cada parcela.

3.6.4 Número de vagens por planta (NVP), número de ramos por planta (NRP), número de grãos por vagem (NGV)

NVP, NRP e NGV foram obtidos por contagem manual, aos 140 dias após a semeadura, em 20 plantas das duas linhas centrais de cada parcela.

3.6.5 Massa de 1000 grãos (MMG)

Os dados de MMG foram obtidos pela contagem de oito amostras de 100 grãos de soja cada, obtidas de vagens colhidas de 20 plantas das duas linhas centrais de cada parcela. As amostras foram pesadas em balança de precisão 0,001 g, submetidas para secar pelo método padrão da estufa a 105±3°C por 24 horas, pesadas novamente, a massa corrigida para 13% de umidade e os dados submetidos a Equação 1 para determinação da MMG.

$$MMG = \frac{\text{peso da amostra} \times 1000}{n^{\circ} \text{ total de sementes}}$$

Em que: MMG é a massa de mil grãos (g).

3.6.6 Teor de água dos grãos na colheita (TAGC) e produtividade de grãos

O TAGC foi determinado conforme metodologia proposta por BRASIL (2009), em que quatro amostras de aproximadamente 50 g de grãos cada foram submetidas ao método padrão de estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, pesadas novamente e os dados submetidos a Equação 2.

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

Em que: TAGC é o teor de água dos grãos na colheita (%), PU é o peso dos grãos úmidos (g), PS é o peso dos grãos secos (g) e T é a tara do recipiente de pesagem dos grãos (g).

A produtividade de grãos será dada a partir da colheita mecanizada de todas as plantas de cada parcela, sendo os grãos pesados e o TAGC corrigido para 13%.

3.6.7 Análise estatística

A análise de variância foi realizada para cada uma das características agronômicas.

As análises de estatísticas foram realizadas utilizando o software AgroEstat, submetidos ao teste de Tukey e comparada as médias pelo teste F ao nível de 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 População inicial e final de plantas

Os resultados de população inicial e final de plantas de soja em função da velocidade de semeadura são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. População inicial e final de plantas de soja em função da velocidade de semeadura em diferentes arranjos espaciais de semeadura agrupada e convencional.

Velocidade	População inicial (plantas ha ⁻¹)			
	A3	A4	A5	C
V1	257.000 a	330.000 a	374.000 a	341.500 a
V2	226.000 a	315.000 a	343.000 a	335.500 a
V3	210.500 a	293.000 a	330.500 a	327.500 a
CV (%)	17,39	6,02	8,14	6,04
DMS (5%)	77.918	37.133	56.114	39.926
Velocidade (km h ⁻¹)	População final (plantas ha ⁻¹)			
	A3	A4	A5	C
V1	251.500 a	309.500 a	367.000 a	338.000 a
V2	213.000 a	284.500 a	323.500 a	321.000 a
V3	199.500 a	282.000 a	306.500 a	318.500 a
CV (%)	18,79	14,18	4,41	5,59
DMS (5%)	83.654	81.745	28.970	35.942

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). A3: agrupado com 3 sementes grupo⁻¹; A4: agrupado com 4 sementes grupo⁻¹; A5: agrupado com 5 sementes grupo⁻¹; C: semeadura convencional.

As velocidades de semeadura não diferiram a população inicial e final de plantas dos arranjos de semeadura estudados. O apresentado na Tabela 4 corrobora com os resultados dos autores Castela Junior et al. (2014), que concluíram que o incremento da velocidade de deslocamento da semeadora (5,6, 7,6 e 9,0 km h⁻¹) para a cultura da soja não ocasionou diferença no estande de plantas.

Os resultados corroboram ao obtido por Cortez et al. (2006), que utilizando mecanismo dosador de disco horizontal na semeadura da soja sobre palhadas de milho e sorgo, não identificaram efeito de velocidades até 6 km h⁻¹ para a população inicial de plantas.

Jasper et al. (2011) trabalharam com velocidades de até 12 km h⁻¹ e asseguraram que a população inicial de plantas não foi afetada significativamente com aumento da velocidade de deslocamento na semeadura, e que somente a distribuição longitudinal das plantas é prejudicada.

4.2 Características agronômicas

Os resultados de altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro de haste e número de ramos são apresentados nas Tabelas 5.

Tabela 5. Altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (AIPV), diâmetro de haste (DH) e número de ramos (NR) da cultura da soja em função dos fatores arranjo espacial de semeadura e velocidade operacional de semeadura.

Variável	Velocidade	Arranjo espacial			
		A3	A4	A5	C
AP (cm)	V1	70,4 aA	79,7 aA	79,1 aA	79,9 aA
	V2	72,3 aA	79,4 aA	75,2 aA	77,5 aA
	V3	75,0 aA	75,5 aA	79,9 aA	77,5 aA
C.V. (%)		7,59			
D.M.S.		11,20			
AIPV (cm)	V1	16,9 aA	21,2 aA	18,6 aA	17,2 aA
	V2	15,2 aA	18,0 aA	16,8 aA	16,9 aA
	V3	13,9 aA	18,4 aA	16,7 aA	16,9 aA
C.V. (%)		14,63			
D.M.S.		4,79			
DH (cm)	V1	0,59 aA	0,63 aA	0,68 aA	0,57 aA
	V2	0,56 aA	0,68 aA	0,58 aA	0,67 aA
	V3	0,63 aA	0,58 aA	0,62 aA	0,60 aA
C.V. (%)		13,10			
D.M.S.		0,13			
NR	V1	3,2 aA	2,9 aA	3,1 aA	3,6 aA
	V2	3,4 aA	3,1 aA	3,7 aA	3,9 aA
	V3	3,7 aA	3,1 aA	3,2 aA	3,7 aA
C.V. (%)		18,18			
D.M.S.		1,12			

C.V.: Coeficiente de Variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa *Médias seguidas de mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Embora Carvalho et al. (2013) descreva que a altura de plantas pode ser influenciada conforme a densidade e arranjo espacial de sementeira da soja, com possível aumento da altura pelo incremento da população de plantas e competição intraespecífica entre elas, os resultados de altura de plantas obtidos no trabalho não diferiram entre arranjos de sementeira e velocidade operacional. A média geral da altura de plantas de soja foi de 76,8cm, medida semelhante a verificada por Okuma et al. (2017) e Doná et al. (2019), de 74,3 cm e 72 cm, utilizando a mesma cultivar do trabalho, AS3680 IPRO, em arranjo de sementeira convencional.

O resultado corrobora com Balbinot Junior et al. (2018), que avaliaram a altura de plantas de soja no arranjo de sementeira agrupada durante três safras consecutivas e concluíram que esta variável é altamente dependente das condições ambientais, não sendo verificadas diferenças em função do agrupamento de plantas. Os autores utilizaram duas cultivares, BRS 359 RR e BRS1010 IPRO, ambas apresentaram alturas similares em todos os tratamentos (1, 2, 3, 4 e 5 plantas por cova), com variações de 88 a 94 cm de altura na média.

A altura de inserção da primeira vagem (AIPV) não diferiu em função dos fatores arranjo espacial de sementeira e velocidade operacional. A média geral da AIPV foi 17,2 cm, valor superior aos obtidos por Okuma et al. (2017) e Doná et al. (2019), de 15 cm e 10,78 cm respectivamente. Possivelmente diferenças entre AIPV de trabalhos ocorram devido variações de cultivares e ambientais. Segundo Sedyama et al. (1999) e Bonetti (1983) o importante é que a AIPV favoreça maior eficiência e menores perdas na colheita, indicando que a variável deve apresentar média superior a 10 cm.

O diâmetro de haste (DH) não diferiu em função das velocidades operacionais e arranjos espaciais de sementeira. O valor médio de DH foi 0,62 cm, resultado que contrapõe o encontrado por Fiss et al. (2018). Utilizando as cultivares Fundacep 59 RR e BMX Potência RR, os autores obtiveram menores DH conforme maior a aproximação das plantas, indicando efeito negativo de duas e três plantas juntas para a variável. Os resultados de DH se opõem também aos verificados por Procópio et al. (2014), os autores comparam a sementeira em fileira dupla e espaçamento reduzido com densidade de sementeira de 375.000 e 562.500 sementes ha⁻¹

¹ e afirmam quanto maior a densidade de plantas maior a altura de plantas e menor diâmetro de hastes.

O resultado obtido no presente trabalho pode ser explicado pelo possível efeito bordadura ocasionado pelo agrupamento das plantas mesmo em maiores densidades de sementeira, Pinto (2010) apresentou que plantas de soja localizadas em borda de falhas apresentavam maior diâmetro nas hastes, tornando as plantas mais capazes em expressar o potencial genético.

O número de ramos (NR) também não apresentou diferença significativa, sendo obtida média de 3,4 ramos por planta. A média é similar a encontrada por Okuma et al. (2017), que utilizando a mesma cultivar de soja, AS3680 IPRO, em arranjo de sementeira convencional, obtiveram média de 3,10 ramos por planta. Diante dos resultados pode-se compreender que o arranjo de sementeira agrupada de soja não interfere na ramificação da cultivar utilizada, caracterizada por grupo de maturação 6,8 e hábito de crescimento indeterminado. Os resultados corroboram também com Santos et al. (2018), que durante duas safras consecutivas não observaram diferença para o NR entre plantas do arranjo de sementeira convencional e agrupada, ficando o número médio de ramos em 3,50 por planta na primeira safra e 3,07 por planta na segunda safra. Segundo Navarro Júnior e Costa (2002), a não influencia do arranjo espacial de sementeira para a variável NR é importante pois garante que a arquitetura das plantas e a superfície fotossintética delas não sejam comprometidas por efeitos de competição intraespecífica, assim como, número de nós na haste principal para florescimento e produção de vagens.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de número de vagens com dois grãos (NV2G), três grãos (NV3G) e número total de vagens por planta (NVT).

Tabela 6. Número de vagens com dois grãos (NV2G), número de vagens com três grãos (NV3G) e número de vagens totais (NVT)

Variável	Velocidade	Arranjo Espacial			
		A3	A4	A5	C
NV2G	V1	15,58 aA	13,65 abA	15,91 aA	11,48 bA
	V2	15,04 aA	11,60 aA	14,86 bA	17,84 aA
	V3	22,51 aA	12,45 bA	11,66 bA	12,44 bA
C.V. (%)		7,59			

D.M.S.				4,85		
	V1	22,96 aA	35,38 aA	23,08 aA	18,93 aA	
NV3G	V2	34,45 aA	25,66 aA	22,20 aA	28,83 aA	
	V3	35,16 aA	24,03 aA	20,83 aA	18,06 aA	
C.V. (%)				38,51		
D.M.S.				17,173		
	V1	38,53 aA	49,03 aA	39,00 aA	30,40 aA	
NVT	V2	49,49 aA	37,26 aA	30,06 aA	45,66 aA	
	V3	57,68 aA	36,48 abA	32,54 bA	30,50 bA	
C.V. (%)				28,15		
D.M.S.				19,33		

C.V.: Coeficiente de Variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na linha e maiúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O maior NVT foi obtido no arranjo de semeadura agrupado com três grupos m^{-1} e velocidade de 6 km h^{-1} . Segundo Peixoto et al. (2000), o número de vagens por planta de soja é característica dependente da população de plantas, conforme menor a competição intraespecífica maior a capacidade das plantas de soja em produzir vagens. Considerando os números absolutos da população final de plantas, ela foi menor com três grupos de plantas m^{-1} , arranjo cujo resultado de NVT foi maior. Mauad et al. (2010) explica que a diminuição do número de vagens com aumento da população de plantas ocorre por conta da competição por luminosidade, reduzindo a quantidade de fotoassimilados e menor emissão de nós, refletindo diretamente a quantidade de vagens por planta.

Os resultados de NVT corroboram com os obtidos por Mauad et al. (2010) corroboram com o exposto neste trabalho, em que as maiores populações trabalhadas pelos autores resultaram em menores valores de vagens por planta. Mauad et al. (2010) obtiveram decréscimo da média conforme houve aumento da população (222.000 a 400.000 plantas ha^{-1}), diminuindo linearmente de 50 vagens por planta até 30 vagens por planta na maior população.

O maior NV2G, 22,51 por planta, foi obtido no arranjo de semeadura agrupado com três grupos m^{-1} e velocidade de 6 km h^{-1} , nas demais combinações de fatores a variável não diferiu, seguindo o mesmo padrão encontrado para o NVT. O NV3G não diferiu por nenhum fator estudado e combinação entre eles.

Os resultados de massa de mil grãos de soja (MMG) são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Massa de mil grãos (MMG)

Variável	Velocidade	Arranjo Espacial			
		A3	A4	A5	C
MMG (g)	V1	164,02 bA	160,30 bA	182,20 aA	174,80 aA
	V2	158,80 bAB	158,25 bA	174,83 aAB	168,63 aAB
	V3	152,33 bB	155,70 bA	167,93 aB	164,95 aB
C.V. (%)		2,55			
D.M.S.		8,01			

C.V.: Coeficiente de Variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A MMG diferiu entre arranjos espaciais de semeadura, sendo maiores no agrupado A5 e convencional cuja as densidades de semeadura foram maiores, estes se destacaram com a massa dos grãos estatisticamente maior que os outros dois tratamentos de menor população de plantas, contudo com a alteração da velocidade houve variação da massa, sendo a MMG maior nos tratamentos A3, A5 e convencional, sendo que o A4 não diferiu com o incremento da velocidade.

Tourino et al. (2002) explica que tal aumento é devido à diminuição do número de vagens, gerando menor competição por fotoassimilados, concentrando em menor número de grãos. Entratanto, Rambo et al. (2003), diz haver pouca interferência do arranjo espacial de plantas de soja na massa dos grãos.

Os resultados obtidos se assemelham aos encontrados por Cruz et al. (2016), onde houve incremento da MMG com o aumento da densidade de semeadura, os autores trabalharam com diferentes populações (158, 220, 333, 422 e 488 mil plantas ha^{-1}). Corroborando ainda aos resultados encontrados por Balbinot Junior et al. (2015), que em dois diferentes experimentos com densidades populacionais distintas (375 e 562 mil plantas ha^{-1}) e constataram variação estatística conforme houve o aumento da população.

Divergem também dos obtidos por Bisinella e Simonetti (2017), que avaliaram a MMG entre arranjo de semeadura convencional e agrupada de soja e verificaram valores

15,6% maiores de MMG para a agrupada. No presente trabalho os arranjos não diferiram a variável.

O aumento da velocidade para 6 km h⁻¹ interferindo a MMG diverge dos resultados encontrados por Jasper et al. (2011) e Machado e Reynaldo (2017). Os primeiros autores trabalharam com a semeadura de soja em velocidades de 4, 6, 8, 10 e 12 km h⁻¹ sem observarem diferenças significativas na massa de mil grãos da cultura, corroborando com os autores Machado e Reynaldo (2017) que realizaram experimento utilizando velocidades de 5, 7 e 9 km h⁻¹.

Diferenças de MMG em função da velocidade de semeadura podem estar associadas à falta de uniformidade da distribuição longitudinal das sementes no sulco de semeadura, sobretudo nos arranjos agrupados, em que as sementes de cada grupo devem ser conduzidas juntas, evitando desagrupamento. Uma vez desagrupada é possível que a competição intraespecífica seja prejudicial à variável MMG.

Os resultados de produtividade de grãos são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Produtividade de grãos de soja.

Variável	Velocidade	Arranjo Espacial			
		A3	A4	A5	C
Produtividade (kg ha ⁻¹)	V1	3886,70 aA	4031,67 aA	5521,58 aA	4119,63 aA
	V2	4191,45 aA	5259,44 abA	5366,92 abA	6459,93 bB
	V3	3887,52 aA	3678,04 aA	4782,68 aA	4295,03 aA
C.V. (%)		38,51			
D.M.S.		1898,34			

C.V.: Coeficiente de Variação; D.M.S.: Diferença mínima significativa Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A semeadura convencional na velocidade 4,5 km h⁻¹ apresentou diferença estatística das demais velocidades, alcançando a maior produtividade entre eles. Cruz et al. (2016) explana que o número de vagens por planta quando multiplicada pelo número de plantas consegue-se obter a quantidade de vagens por metro linear. No presente trabalho as produtividades maiores estão correlacionadas à população de plantas, número de vagens por planta e à massa de mil grãos. Ao realizar a multiplicação do número de vagens pela população para o tratamento convencional a 4,5 km h⁻¹ e divisão por metro linear de um hectare, encontra-

se 661,5 vagens por metro linear, sendo que para A3, A4 e A5, nesta mesma velocidade obteve-se os valores de 472,5, 477 e 464 vagens por metro linear, respectivamente. Além deste fator, as maiores massas de mil grãos obtidas para V2 esteve em A5 e Convencional.

Na análise de produtividade em relação a velocidade utilizada para a semeadura, o tratamento convencional foi o único que apresentou diferença significativa, ocorrendo na velocidade de 4,5 km h⁻¹. Correia et al. (2020) ao realizarem experimento com semeadura de soja com o uso de dois dosadores distintos (disco horizontal convencional e Titanium) e o uso de três velocidades diferentes (4,5, 6,2 e 8,2 km h⁻¹) concluíram que o uso de velocidades superiores a 4,5 km h⁻¹ provoca maior índice de falhas e duplas, diminuindo a precisão dos dosadores de disco horizontal. Reynaldo et al. (2016) também estudaram a influência da velocidade de semeadura de soja com o uso de disco dosador horizontal convencional, utilizando as velocidades de 2, 4, 6, 8, 10 e 12 km h⁻¹, os autores concluíram que além da diminuição da uniformidade de distribuição das sementes pode-se observar decréscimo da produtividade em velocidades superiores a 4 km h⁻¹, concluindo que o melhor desempenho e produtividade foi obtido aos 4 km h⁻¹. Sendo assim, pode-se afirmar que a maior produtividade para o sistema convencional de semeadura obtida no presente trabalho está relacionada também à velocidade de 4,5 km h⁻¹.

Os arranjos de semeadura agrupada de soja não proporcionaram aumento de produtividade comparados ao arranjo de semeadura convencional. Os resultados corroboram com os obtidos por Balbinot Junior et al. (2017), que utilizando a cultivar de crescimento indeterminado BRS1010 RR, obtiveram médias de 4831 e 4874 kg ha⁻¹ para o cultivo convencional e agrupado, respectivamente, não diferentes estatisticamente. Utilizando a cultivar BRS359 RR, também de ciclo indeterminado, os autores obtiveram médias de 3625 e 3764 kg ha⁻¹ no arranjo convencional e agrupado respectivamente, não diferindo estatisticamente. Contudo, os resultados obtidos por Bisinella e Simonetti (2017) ao trabalhar com a semeadura convencional e agrupada constataram incremento de 9,1% na produtividade mesmo utilizando duas variedades de crescimento indeterminado, sendo de 3.242 kg ha⁻¹ e 3.563 kg ha⁻¹, para convencional e agrupado, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

Para os arranjos agrupados e convencional de semeadura as velocidades até 6 km h⁻¹ não influencia a população inicial e final de plantas de soja.

A altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, diâmetro de haste e número de ramos não apresentaram diferenças significativas em função dos arranjos e velocidades de semeadura.

O arranjo agrupado de semeadura com três grupos de sementes m⁻¹ possibilita maior número de vagens por planta.

Maior produtividade de grãos é possível no arranjo convencional e velocidade de semeadura de 4,5 km h⁻¹.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKOND, M.; RAGIN, B.; BAZZELLE, R.; CLARK, W.; KANTARTZI, S. K.; MEKSEM, K.; KASSEM, M. A. Effect of Two Row Spacing on Several Agronomic Traits in Soybean. *Atlas Journal of Plant Biology*, v. 1, n. 2, p. 18-23, 2013.

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

BALBINOT JUNIOR, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; ZUCARELI, C.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F. Phenotypic plasticity in a soybean cultivar with indeterminate growth type. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.53, n. 9, p. 1038-1044, 2018.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, maio/jun., 2015.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de tipo de crescimento indeterminado. *XXXIII Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil*. Londrina. 2013.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Fileiras duplas na cultura da soja. *Circular Técnica*, Londrina, 2014.

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. *Comissão de Ecologia, Fisiologia e Práticas Culturais*. 2017.

BALENA, R.; GIACOMINI, C. T.; BENDER, A. C.; NESI, C. N. Época de semeadura e espaçamentos entre linhas na produtividade da soja. *Unoesc & Ciência*, Joaçaba, v. 7, n. 1, p. 61-68, jan./jun. 2016.

BARBOSA, J.C.; MALDONADO JÚNIOR, W. *AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de ensaios agrônômicos*. Jaboticabal: Multipress, 2015.

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

BISINOTTO, F. F. Correlação entre caracteres como critério de seleção indireta, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. 2013. 77p. Dissertação (Mestrado em fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA, G. M. S. Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ, p. 1-18, 2000.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. (Ed). A soja no Brasil. Campinas: ITAL, p. 1-6, 1981.

BRUNS, H.A. Comparisons of single-row and twin-row soybean production in the Mid-South. *Agronomy Journal*, Madison, 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. *Revista Agrarian*, v.10, n.35, p. 22-30, 2017.

CÂMARA, G. M. S.; HEIFFIG, L. S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. S. Soja: tecnologia da produção II. Piracicaba: ESALQ, p. 81-119, 2000.

CAMPOS, L. J. M.; PAIVA, E. V.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; GOMES, R. S.; SIMON, J. GUARDA, V. A. Respostas fisiológicas da soja ao sistema de semeadura adensado e em fileira dupla. VII Congresso Brasileiro de Soja, 2015.

CANOVA, R. et al. Distribuição de sementes por uma semeadora adubadora em função de alterações mecanismo dosador e de diferentes velocidades de deslocamento. *Engenharia na Agricultura*, v.15, n.3, p.299-306, 2007

CARMO, E.L.; BRAZ, G.B.P.; SIMON, G.A.; SILVA, A.G.; ROCHA, A.G.C. Desempenho agrônomo da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. *Revista Ciências Agroveterinárias*, 17, 2018.

CARVALHO, L. C.; BUENO, R. C. O. F.; CARVALHO, M. M.; FAVORETO, A. L.; GODOY, A. F. Novas técnicas de arranjos de semeadura na cultura da soja. *Enciclopédia biosfera*. Goiânia: v. 9, n. 17, p. 1940, 2013.

CASTELA JUNIOR, M. A.; OLIVEIRA, T. C.; FIGUEIREDO, Z. N.; SAMOGIM, E. M.; CALDEIRA, D. S. A. Influência da velocidade da semeadora na semeadura direta da soja. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 10, n.19, p. 1199, 2014.

- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira-Grãos. v. 7-Safra 2019/20-N. 9-Nono levantamento, Junho 2020. Disponível em www.conab.gov.br. Acesso: 07 de julho 2020
- CORREIA, T. P. S.; LOPES, A. G. C.; FAGGION, F.; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F. G. Semeadura de soja em função de mecanismos dosadores e velocidade operacional. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 35, n. 2, p. 190-198, abril-junho, 2020.
- CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; LOPES, A. Distribuição longitudinal de sementes de soja e características físicas do solo no plantio direto. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26, n.2, p.502-510, 2006.
- CRUZ, S. C. S.; SENA JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de sementeira e arranjos espaciais. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia – MS, v.3, n.1, p. 1-6, jan./mar., 2016.
- DALL'AGNOL, A.; VIDOR, C. A saga da soja no Brasil: uma trajetória de sucessos. Londrina: Embrapa Soja, 2002.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; CONTE, O. Aspectos ambientais e qualidade de sementeira em diferentes arranjos espaciais de plantas na cultura da soja. Embrapa Soja, 2017.
- DELAFOSSÉ, R. M. Máquinas semeadoras de grão grosso. Santiago: FAO, 1986. 48 p.
- DONÁ, S.; KANTHACK, R.A.D.; CAÇÃO, M.M.F.R.; SANTOS, G.X.L.; CORDEIRO-JUNIOR, P.S.; NAKAYAMA, F.T.; FINOTO, E.L.; LEÃO, P.C.L. Desempenho agrônomico de cultivares de soja no vale do Paranapanema, safras 2017/18 e 2018/19. Núcleus, Edição Especial, 2019.
- DUARTE, A. P. C. Produção de soja em sistema de cultivo convencional e agrupado. Fundação Carmelitana Mário Palmério, 11p., Trabalho de Conclusão de Curso. 2019.
- EMBRAPA. Embrapa Soja. Soja em números (safra 2019/2020). Dados econômicos. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>> Acesso em: 10 de outubro de 2020.

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. Perspectivas Agrícolas FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/992188/>> Acesso em: 10 de outubro de 2020.

FERNANDES, H. C.; SILVEIRA, J. C. M.; RINALDI, P. C. N. Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1582-1587, 2008.

FISS, G.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; CASTELLANOS, C.I.S.; MENEGHELLO, G.E.; AUMONDE, T.Z.; Produtividade e características agronômicas da soja em função de falhas de semeadura. *Revista de Ciências Agrárias*, v.61, 2018.

GARCIA, A.; PIPOLO, A.E.; LOPES, I. DE O.N.; PORTUGAL, F.A.F. Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas. Embrapa. Circular técnica, ISSN 1516-7860. 2007.

GARCIA, R. A.; PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Produção de soja em diferentes arranjos espaciais de plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul. Embrapa Documentos, ISSN 1679-043X. 2017.

HADLEY, H.H.; HYMOWITZ, T. Specification a cytogenetics. In: CALDEWELL, B.E. et al. (Ed.). *Soybeans: Improvement, production and uses*. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p. 97-116.

HEIFFIG, L. S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max*, (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 81p.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. *Revista de Agricultura*, p. 204-219, 2010.

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

IBAÑEZ, M.; ROJAS, E. Costos de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola. Concepción: Universidad Concepción, 1994. 58 p.

JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPÇÃO, P. S. M.; ROCIL, J.; GARCIA, L. C. Velocidade de semeadura da soja. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 31, n. 1, p. 102-110, 2011.

KOAKOSKI, A.; SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; SOUZA, L. C. F.; REIS, E. F. Desempenho de semeadora-adubadora utilizando-se dois mecanismos rompedores e três pressões da roda compactadora. *Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília*, v. 42, n. 5, p. 725-731, 2007.

KONDO, M.K.; DIAS JÚNIOR, M.S. Compressibilidade de três Latossolos em função da umidade e uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 2, p. 211-218, 1999.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L.O.; 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, 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 severidade da ferrugem asiática da soja. *Uberlândia*: v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; FILHO, O. A. L.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e Round Up Ready. *Revista Ceres, Viçosa*, v. 58, n.3, p. 305-313, 2011.

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

MAPA. Estatísticas do comércio exterior do agronegócio brasileiro. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>> Acesso em: 02 de junho de 2018.

MARTINS, P.D.S.; CARMO, E.L.; SILVA, A.G.; PROCÓPIO, S.O.; SIMON, G.A.; ANDRADE, C.L.L. Desempenho de cultivar de soja de crescimento determinado em diferentes arranjos espaciais. *Colloquium Agrariae*, v. 16, n. 5, 2020.

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

MIALHE, L. G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

- MIALHE, L. G. Máquinas Agrícolas para Plantio. Campinas: Millennium, 2012.
- MODOLO, A. J.; FERNANDES, H. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVEIRA, J. C. M. Efeito da umidade e da carga aplicada pela roda compactadora na emergência da soja. *Synergismus scyentifica UTFPR, Pato Branco*, 01, 2006.
- MODOLO, 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, 2016.
- NELSON, K. A. Glyphosate application timings in twin and single row corn and soybean spacings. *Weed Technology, Champaign*, v.21, n.1, p.186-190, 2007.
- OKUMA, I. G.; LIMA, R. C.; TOMAZ, R.S. Produtividade de cinco variedades de soja, implantadas sobre sistema de plantio direto, na região da Alta Paulista. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 13, n07, 2017.
- PACHECO, E.P.; MANTOVANI, E.C.; MARTYN, P.J.; OLIVEIRA, A. C. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.31, n.3, p.209-214, 1996.
- PARCIANELLO, G.; COSTA J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. *Ciência Rural, Santa Maria*, v. 34, n. 2, p.357-364, 2004.
- PEIXOTO, C. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L. F. C.; GUERZONI, R. A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. *Scientia agrícola. Vol. 57 n. 1. Piracicaba*, 2000.
- PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. *Piracicaba: Scientia Agricola, Piracicaba*, v. 57, n. 1, p. 89 - 96, 2000.
- PEREIRA, M. W., MEERT, L., OLIVEIRA NETO, A. M. DE, GUERRA, N., KRENSKI, A., & WILLWOCK, L. (2019). Características agronômicas de soja em função de espaçamentos entre linhas de semeadura. *Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215, 14(3), 187-193.*

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, Porto Alegre-RS, v.4, n. 2, p.183–188, 1998.

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, v. 35, n. 8, p. 1541-1547, 2000.

PORTELLA, J. A. Mecanismos dosadores de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas. Passo Fundo, 1997, 40p.

PORTELLA, J.A. Plantio de precisão: o desafio para o século XXI. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 2p. (Comunicado Técnico, 25).

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. *Roraima*: v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA F. G. Rendimento dos grãos de soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. *Scientia Agraria*, v. 3, n. 1-2, p. 79-85, 2002.

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*, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. *Ciência Rural*, v. 34, n. 1, p. 33-40, 2004.

RAMOS JUNIOR, E.U.; RAMOS, E.M.; BULHÕES, C.C. Densidade de plantas nos componentes produtivos e produtividade de cultivares de soja. *Revista de Ciências Ambientais*, v.17, n.2, 2019.

REIS, A.V.; ALONÇO, A.S. Comparativo sobre a precisão funcional de vários mecanismos dosadores estudados no Brasil entre os anos de 1989 e 2000. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

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*, vol. 16, n. 3, 2007.

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*, Habana, v.16, n.3, p.70-75, 2007.

REYNALDO, E. F.; MACHADO, T. M.; TAUBINGER, L.; QUADROS, D. Influência da velocidade de deslocamento na distribuição de sementes e produtividade de soja. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa – MG, v. 24, n.1, 2016.

SANTIAGO, A. D. ;ROSSETTO, R. Cultivo mínimo. Brasília, DF, 2007. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_85_22122006154841.html> Acesso em: 21 de fev. 2019.

SANTOS, E.L.; AGASSI, V.J.; CHICOWSKI, A.S.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Hill drop sowing soybean with diferente number of plants per hole. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.48:05, e20170389, 2018.

SCHERER. Método de plantio de soja agrupado. Disponível em: <<https://www sojaagrupado.com.br/>>. Acesso em: 09 de junho de 2018.

SEDIYAMA, T. Tecnologia de produção de sementes de soja. Londrina: Mecenias, 2013. 352 p.

SEDIYAMA, T. Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Mecenias, 2009. 314 p.

SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. Soja do plantio à colheita. Viçosa, MG: UFV, 2015. 314 p.

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.

SILVA, M.S.; NAVES, M.M.V.; OLIVEIRA R.B.; LEITE, O.S.M. Composição química e valor protéico do resíduo de soja em relação ao grão de soja. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 26(3): 571-576, jul-set, 2006.

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

SIMIONATO, U.R.; FERREIRA, A.S.; WERNER F.; BABOLIM, R.C.G.; IWASAKI, G.S.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Redução do espaçamento entre fileiras na produtividade de duas cultivares de soja sob diferentes densidades de semeadura. IX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. 2014.

SOLANO, L.; YAMASHITA, O.M. Cultivo da soja em diferentes espaçamentos entre linhas. *Revista Varia Scientia Agrarias*, v. 02, n.02, p. 35-47, 2012.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E., eds. Cerrado: correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004.

TAVARES, L.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. *Revista Energia na Agricultura*, v. 34, n. 2, 2019.

TOURINO, M. C. C; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura no rendimento dos grãos e características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 8, p. 1071-1078. 2002.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; SCARSI, M.; SILVA, C. L.; ADAMI, P. F.; DALLACORT, R. Manejos de cobertura vegetal e velocidades de operação em condições de semeadura e produtividade de milho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 17, n. 7, p. 796–802, 2013.