



ODAIR MARCELO LOCATELLI

**EFEITO DA DENSIDADE POPULACIONAL EM
CULTIVARES DE SOJA**

**LAVRAS – MG
2023**

ODAIR MARCELO LOCATELLI

EFEITO DA DENSIDADE POPULACIONAL EM CULTIVARES DE SOJA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas área de concentração em Genética Quantitativa, para a obtenção do título de Mestre.

Prof^a Dr^a. Elaine A. de Souza
Orientadora
Dr. Gaspar Malone
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Locatelli, Odair Marcelo.

Efeito da densidade populacional em cultivares de soja / Odair
Marcelo Locatelli. - 2022.

32 p. : il.

Orientador(a): Elaine Aparecida de Souza.

Coorientador(a): Gaspar Malone.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. *Glycine max* (L) merrill. 2. Arranjo espacial. 3. Plasticidade.
I. Souza, Elaine Aparecida. II. Malone, Gaspar. III. Título.

ODAIR MARCELO LOCATELLI

**EFEITO DA DENSIDADE POPULACIONAL EM CULTIVARES DE SOJA
POPULATION EFFECTS ON SOYBEAN CULTIVARS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Genética e Melhoramento de Plantas área de concentração em Genética Quantitativa, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 30 de novembro de 2022

Dr^a Elaine Aparecida de Souza - UFLA

Dr. Tiago de Souza Marçal - UFLA

Dr^a Neucimara Rodrigues Ribeiro – GDM Genética do Brasil

Prof^a Dr^a. Elaine A. de Souza
Orientadora

Dr. Gaspar Malone
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

À toda minha família, que desde o início me apoiou e motivou nesse passo importante da minha vida.

À minha esposa Izabel Locatelli, aos meus amados filhos, Samuel Locatelli e Mariana Locatelli.

À minha mãe Neusa Locatelli e ao meu pai Leopoldo Locatelli (*in memoriam*).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me iluminar e tornar possível conquistar esse sonho de um mestrado.

À minha esposa Izabel Locatelli e aos meus filhos Mariana Locatelli e Samuel Locatelli por sempre me apoiarem nessa etapa importante da minha vida.

Aos meus pais por tudo que me ensinaram e por sempre batalharem por mim.

À empresa GDM Genética do Brasil por permitir a condução deste projeto.

À comissão orientadora, professora Elaine Souza, Tiago Marçal e Gaspar Malone.

Agradeço a banca de defesa, Elaine Souza, Tiago Marçal e Neucimara Ribeiro.

Aos meus colegas e amigos por sempre me apoiarem nesse projeto.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela oportunidade do aprendizado.

RESUMO

A soja é, atualmente, a principalmente oleaginosa produzida no Brasil. Um dos desafios dos programas de melhoramento genético é a aumentar a produtividade e um dos fatores que podem contribuir para isso é o estudo de diferentes densidades de semeadura. Dessa forma, objetivou-se avaliar os componentes de rendimento de cultivares de soja, em diferentes densidades de semeadura. Para tanto foram utilizadas oito cultivares (Brasmax Fibra (64I61) IPRO RR2[®], Brasmax Compacta (65I65) IPRO RR2[®], Brasmax Ponta (7166) IPRO RR2[®], Brasmax Ícone (68I70) IPRO RR2[®], Brasmax Potência RR1[®], DM 66I68 RSF IPRO RR2[®], M6210 IPRO RR2[®] e M6410 IPRO RR2[®]) e três densidades de semeadura, sendo uma ideal e as demais abaixo e acima da ideal, em três locais: Cafelândia - PR, Maracaju – MS e Dourados – MS, durante a safra 2020/21. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados e foram avaliadas cinco plantas da área útil de cada parcela para as seguintes características, número de vagens por planta, por meio da contagem direta do número total de vagens formadas; massa de 100 grãos, utilizando-se oito subamostras de 100 grãos, as quais foram pesadas em balança analítica com sensibilidade de 0,001g; e produtividade, determinada em kg ha⁻¹ por meio da debulha de todas as plantas da parcela. Os dados foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, analisados, testados e agrupados pelo teste Scott Knott. Concluiu-se que quando cultivada em densidade considerada ideal e acima, a soja tem rendimento superior. A massa de 100 grãos e número de vagens por planta, variam conforme cultivar utilizada, devido às suas diferentes adaptações aos ambientes.

Palavras-chave: *Glycine max* (L) merrill. Arranjo espacial. Plasticidade.

ABSTRACT

Soybean is currently the main oilseed produced in Brazil. One of the challenges of genetic improvement programs is to obtain greater production in the same amount of area, so one of the factors that can contribute to this is the study of different sowing densities. Thus, the objective was to evaluate the yield components of soybean cultivars submitted to different sowing densities. For that, eight genotypes (Brasmax Fibra (64I61) IPRO RR2®, Brasmax Compacta (65I65) IPRO RR2®, Brasmax Ponta (7166) IPRO RR2®, Brasmax Icon (68I70) IPRO RR2®, Brasmax Potência RR1®, DM 66I68 RSF IPRO RR2®, M6210 IPRO RR2® and M6410 IPRO RR2®) and three sowing densities were used, one ideal and the others below and above the ideal, in three different locations, Cafelândia - PR, Maracaju - MS and Dourados - MS, during the 2020/21 harvest. The following characteristics were evaluated in five plants in the useful area of each plot: number of pods per plant, by directly counting the total number of formed pods; mass of 100 grains, using eight subsamples of 100 grains, which were weighed on an analytical balance with a sensitivity of 0.001g; and yield, determined in kg ha⁻¹ by threshing all the plants in the plot. Data were subjected to analysis of variance and, when significant, analyzed, tested and grouped using the Scott Knott test. It was concluded that smaller plant populations do not affect yield, due to the compensation obtained by the greater number of pods per plant. The yield, mass of 100 grains and number of pods per plant, vary according to the cultivar used, due to their different adaptations to environments.

Keywords: *Glycine max* (L) merrill. Spatial arrangement. Plasticity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação, temperatura máxima e mínima na safra 2020/21 nas cidades de Cafelândia (A), Dourados (B) e Maracaju (C).	21
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Empresa obtentora e grupo de maturação de oito cultivares de soja utilizados no estudo.....	18
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para a produtividade de grãos (PG), massa de 100 grãos (MCG) e número de vagens por planta (NVP) de cultivares de soja avaliadas em diferentes densidades de semeadura em Cafelândia, Dourados e Maracaju.	22
Tabela 3 - Médias de produtividade (PG) (kg. ha ⁻¹) e massa de 100 grãos (MCG) de diferentes cultivares de soja e densidades de semeadura nos municípios de Cafelândia, Dourados e Maracaju.	23
Tabela 4 - Número de vagens (NVP) por planta de cultivares de soja em diferentes densidades de semeadura avaliadas nos municípios de Cafelândia, Dourados e Maracaju.	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Histórico e importância econômica da soja no Brasil.....	13
2.2	Densidade de plantas	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5	CONCLUSÃO	28
	REFERENCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A produção de soja é um dos setores da economia agrícola mais importantes para o Brasil, sendo um dos pilares do agronegócio brasileiro, que gera divisas por meio de exportações, bem como milhares de empregos para a população. Na safra 2020/2021, a produção brasileira de soja foi de 147 milhões de toneladas, em uma área colhida de 42 milhões de hectares e produtividade média de 3449 kg ha⁻¹ (IBGE, 2023).

O Brasil é o maior produtor mundial de soja. Os Estados Unidos é o segundo maior produtor, com produção de 120 milhões de toneladas, em uma área colhida de 34 milhões de hectares e produtividade média de 3454 kg ha⁻¹, seguido da Argentina com 46 milhões toneladas produzidas, em 16 milhões de hectares, resultando em uma produtividade média de 2806 kg. ha⁻¹ (FAOSTAT, 2023).

Um dos componentes primários do rendimento da soja é a densidade de plantas no cultivo, dada pelo número de plantas por área, a qual pode ser controlada por meio do manejo da cultura e ser estabelecida por meio de trabalhos experimentais (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Dessa forma, o espaçamento entre fileiras e a uniformidade de distribuição das plantas na linha, alteram a densidade, determinando a competição intraespecífica por recursos como água, luz e nutrientes. Estes fatores interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas, afetando o rendimento de grãos e os componentes de rendimento (BALBINOT JUNIOR et al., 2016, 2015; THOMPSON et al., 2015; ZHOU; CHEN; OUYANG, 2015).

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito das diferentes densidades de plantas na produtividade de grãos de soja, bem como nos componentes de rendimento, como número de vagens por planta e massa de mil grãos (BALBINOT JUNIOR et al., 2015; COX; CHERNEY, 2011; FERREIRA et al., 2016; MODOLO et al., 2016; NORSWORTHY; SHIPE, 2005; PROCÓPIO et al., 2013, 2014; SUHRE et al., 2014).

Plantas de soja são sensíveis a mudanças na densidade populacional, no entanto o número de ramos e folhas por planta são características de cada cultivar (BOARD; KAHN, 2013; SUHRE et al., 2014). Esse comportamento está relacionado ao hábito de crescimento da planta, que pode se classificado em

determinado, indeterminado e semideterminado (SOARES et al., 2015; TIAN et al., 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a resposta de diferentes cultivares de soja, avaliadas em diferentes densidades de semeadura em diferentes locais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico e importância econômica da soja no Brasil

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é originária da Manchúria, região nordeste da China, no continente asiático. No entanto, uma vez que a agricultura chinesa não era levada para outras partes do mundo, sua permanência na região de origem ocorreu durante dois milênios seguintes ao seu surgimento. Posteriormente, a importância dessa leguminosa foi aumentando, sendo levada para o sul da China, Coreia, Japão e sudeste da Ásia. Dessa forma, ela pode ser considerada uma das culturas mais antigas do mundo, chegando ao Ocidente entre o século XV e XVI (BEZERRA et al., 2015).

No Ocidente, os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial, primeiro como forrageira e, posteriormente, como grão. Em 1940, no auge do seu cultivo como forrageira, foram cultivados, nesse país, cerca de dois milhões de hectares com tal propósito (EMBRAPA, 2013).

Os primeiros relatos da introdução da soja no Brasil, ocorreram na Bahia, sem boa adaptação da cultura, devido a latitude e condições edafoclimáticas distintas do seu local de origem. Já no estado de São Paulo, teve adaptação um pouco melhor em relação ao estado da Bahia, porém ainda sem muito sucesso. Foi o estado do Rio Grande do Sul que apresentou condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, pela semelhança entre ele e o local de origem da cultura (GAZZONI, 2018).

No Paraná, a soja foi inicialmente cultivada no sudoeste e oeste do Estado, com a migração dos agricultores provenientes do Rio Grande do Sul, local em que a soja já era cultivada, em pequenas explorações familiares. Assim, em 1950 foi observado um crescimento expressivo da cultura no Estado (EMBRAPA, 2004).

No entanto, as primeiras pesquisas com soja no estado, datam de 1965, com a avaliação de linhagens e cultivares fornecidas pelo Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul (IPEAS). Posteriormente, com a criação do Centro Nacional de Pesquisa da Soja (CNPSO), que assumiu a coordenação das pesquisas no estado, foram lançados os materiais “Doko” e “Doko RC” (SEDIYAMA et al., 2015).

Assim, vários fatores contribuíram para a disseminação da soja no país, como o aquecimento do mercado internacional na década de 1970, avançando para o mercado interno; estabelecimento de parque industrial de processamento de soja,

máquinas agrícolas e insumos; organização de redes de pesquisa dos setores públicos e privados; baixo valor da terra devido à ampliação da fronteira agrícola; topografia plana dos solos do cerrado; desenvolvimento de tecnologias para a produção em baixas latitudes, nos aspectos genéticos e de fertilidade do solo; regime pluviométrico favorável, coincidindo com o período de entressafra da produção dos Estados Unidos; e políticas governamentais (BEZERRA et al., 2015). Além disso, podemos destacar que a pesquisa fitotécnica no melhoramento da cultura foi fundamental para a sua expansão em território nacional, com o desenvolvimento de cultivares mais produtivos, adaptados e resistentes a diversos fitopatógenos (SILVA et al., 2017).

Tudo isso levou a consolidação da soja no Brasil, especialmente depois do seu cultivo no Cerrado, tornando o país o maior produtor mundial dessa leguminosa. Na safra 2020/2021, a produção brasileira foi de 147 milhões de toneladas, numa área colhida de 42 milhões de hectares e produtividade média de 3449 kg ha⁻¹ (IBGE, 2023).

Atualmente, a soja é a principal oleaginosa produzida no Brasil, considerada o carro chefe do agronegócio brasileiro, gerando muitas divisas por meio de exportações e milhares de empregos para a população. O aumento da demanda pelo produto e abertura de novos mercados consumidores, principalmente a China e seus mais de um bilhão de habitantes, impulsiona cada vez mais a produção, com o desenvolvimento de novas áreas e a busca constante pelo aumento da produtividade. Isso porque o volume de soja em grão consumido por esse país é 6,5 vezes superior à sua produção, mostrando sua grande dependência das importações do produto (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

Assim, um dos maiores desafios do melhoramento é o aumento da produção da soja, sem que haja aumento da área cultivada. Dessa forma, a utilização de genótipos com alto potencial produtivo, que proporcionem aumentos cada vez maiores na produção, e a obtenção de materiais mais adaptados as condições ambientais de cada região, torna-se de grande importância no processo produtivo (TORRES; SILVA; TEODORO, 2015).

Além disso, estudos sobre a adequação da densidade de semeadura da soja nas áreas de cultivo, podem contribuir de forma significativa para as discussões acerca desse tema.

2.2 Densidade de plantas

Na cultura da soja, a produtividade de grãos pode ter relação direta com diversos fatores, como a época de semeadura, genótipos utilizados, condições climáticas e a densidade de plantas utilizada no cultivo.

A densidade de plantas está relacionada à forma em que elas estão distribuídas na área de cultivo, estando essa distribuição associada à competição entre as plantas, pela utilização dos recursos disponíveis (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

Assim, alterações nessa densidade, relacionadas ao espaçamento entre fileiras e uniformidade de distribuição das plantas nas linhas, podem determinar a competição intraespecífica por recursos como água luz e nutrientes. Como resultado, podem afetar o crescimento e desenvolvimento das plantas, influenciando no rendimento de grãos e nos componentes de rendimento (BALBINOT JUNIOR et al., 2016, 2015; THOMPSON et al., 2015; ZHOU; CHEN; OUYANG, 2015).

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito das diferentes densidades na produtividade de grãos de soja, bem como nos componentes de rendimento, como número de ramos por planta, número de vagens por planta e a massa de mil grãos.

Modolo et al. (2016) testou o efeito da utilização de quatro densidades de plantas (160.000, 220.000, 280.000 e 340.000 plantas ha⁻¹) e quatro espaçamentos entre as linhas (0,20 m; 0,35 m; 0,50 m; e 0,65 m) nos componentes de rendimento e produtividade da soja. Os autores concluíram que a combinação de 280 mil plantas e espaçamento de 0,20 m foi a que alcançou maior produtividade. Isso porque, quando se utiliza menores espaçamentos entre as linhas, há uma redução na quantidade de plantas dentro das linhas, resultando em distribuições mais equidistantes das plantas. Assim, a redução de espaçamentos e o uso de espaçamentos mais equidistantes permitem um aumento na utilização de luz no início do desenvolvimento da cultura, o que é causado por maior IAF e produção de biomassa e, como consequência, maior produtividade (COX; CHERNEY, 2011; PROCÓPIO et al., 2014).

Em contrapartida, quando consideramos o número de ramos por planta, Procopio et al., (2013) demonstraram que a competição na linha afeta mais significativamente o número de ramos do que o espaçamento entre linhas, ao

aumentar a quantidade de sementes de 375 mil para 562 mil e verificar que essa mudança foi mais prejudicial que o aumento do espaçamento de 0,40 para 0,60 m.

Resultados semelhantes foram observados por outros autores. Estudos de Souza et al., (2016) testando diferentes densidades populacionais nos componentes de produtividade observaram que o aumento da taxa de semeadura diminuiu a emissão do número de ramos, pela competição entre as plantas dentro da linha. Isso também foi observado por Cox e Cherney, (2011), os quais verificaram redução de 20% no número de ramos por planta com o aumento de 100.000 plantas na densidade de semeadura.

Segundo Procópio et al. (2013) e Balbinot Junior et al. (2015), o uso de maiores densidades promove maior competição entre as plantas devido à menor emissão de ramos laterais, reduzindo assim a produtividade por planta. Além disso, a maior densidade de plantas na linha proporciona maior competição por recursos naturais essenciais para o crescimento vegetativo e menor formação de grãos.

A alta densidade de plantas, determinada por maiores taxas de semeadura podem levar também a redução do número de vagens por planta e, conseqüentemente, há redução de grãos em função da competição intraespecífica (FERREIRA et al., 2018). Esse resultado corrobora ao observado por Norsworthy e Shipe (2005), em que houve uma redução de 50% na produtividade de grãos ao aumentar a densidade de plantas de 140 mil para 280 mil. Em contrapartida, uma redução no número de plantas de soja por área geralmente é compensada por um incremento no número de vagens por planta, demonstrando que este é o componente de rendimento mais influenciado pela densidade de plantas, variando inversamente com este fator (FERREIRA et al., 2016).

Com relação a massa de mil grãos diversos trabalhos demonstraram que esse componente está mais relacionado a fatores genéticos do que ao manejo da cultura. Souza et al. (2016) comparando cultivares com diferentes hábitos de crescimento em diferentes densidades de plantas, observou que a massa de mil grãos não foi influenciada pela densidade, mas apenas pela característica de cada cultivar. Modolo et al. (2016) avaliando o efeito de diferentes densidades de plantas e do espaçamento entre linhas também observaram que a massa média de mil grãos, não foi influenciada significativamente, tanto pelos diferentes espaçamentos entre linhas quanto pelas densidades de plantas e suas interações.

No entanto, os resultados da literatura sobre os efeitos da densidade de plantas na massa de mil grãos variam; Cox e Cherney (2011) encontraram diferenças não significativas na mudança de espaçamento e densidade de plantas. Suhre et al. (2014) mostraram que a densidade de plantas na linha aumenta linearmente com a massa de sementes, mas a diferença foi maior em cultivares mais novas. Características, como número de sementes por vagem e massa de mil grãos, são determinadas, pelo limite genético da cultivar/espécie quanto à expressão destes caracteres.

Com relação à altura de plantas Procópio et al. (2014) testando um espaçamento reduzido (19 cm - reduzido; 38 cm; 57 cm; fileira dupla de 19/38 cm; e fileira dupla de 19/57 cm) e diferentes densidades de semeadura (375.000 e 562.500 sementes ha⁻¹) constataram que plantas de soja em maior densidade de semeadura têm maior altura. Resultados semelhantes foram observados por Balbinot Junior et al. (2015) e, segundo esses autores, esses resultados se devem possivelmente à menor qualidade de luz presente no dossel.

A qualidade da luz, percebida pelas plantas por meio dos fotorreceptores, afeta o seu padrão de crescimento. Em baixa qualidade da luz, as plantas de soja tendem a exibir alto crescimento em altura, a fim de incrementar a interceptação desse recurso, além de emitir menor quantidade de ramos (BOARD, 2000).

Por outro lado, a altura de plantas na colheita não foi alterada pela densidade de semeadura, pelo espaçamento entre linhas, pelo sistema de semeadura e pela interação entre esses fatores. Isso demonstra que a altura das plantas na cultivar BRS 294 RR, utilizada no estudo, é pouco influenciada pela densidade das plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2015).

Na soja, o número de ramos e folhas por planta são características que mudam em cada cultivar, mas as plantas parecem bastante sensíveis quando consideradas as mudanças na densidade populacional (BOARD; KAHLON, 2013; SUHRE et al., 2014). Esse comportamento se deve aos diferentes hábitos de crescimento da planta (determinado, indeterminado e semideterminado) (SOARES et al., 2016; TIAN et al., 2010). O conhecimento dessas características influencia a distribuição populacional da cultura no campo e a melhor densidade, possibilitando alta produtividade agrícola (BOARD; KAHLON, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em três locais, Cafelândia - PR, Maracaju – MS e Dourados – MS, durante a safra 2020/21. A semeadura foi realizada em Dourados em 10 de outubro, Maracaju em 14 de outubro e Cafelândia em 25 de outubro de 2020.

Foram utilizadas oito cultivares :Brasmax Fibra (64I61) IPRO RR2[®], Brasmax Compacta (65I65) IPRO RR2[®], Brasmax Ponta (7166) IPRO RR2[®], Brasmax Ícone (68I70) IPRO RR2[®], Brasmax Potência RR1[®], DM 66I68 RSF IPRO RR2[®], M6210 IPRO RR2[®] e M6410 IPRO RR2[®] (Tabela 1) e três densidades de semeadura (140.000, 280.000 e 420.000 plantas/ha).

Tabela 1. Empresa obtentora e grupo de maturação de oito cultivares de soja utilizados no estudo.

Cultivares	Empresa obtentora	Grupo de maturação
Brasmax Fibra (64I61) IPRO RR2 [®]	Brasmax	6,4
Brasmax Compacta (65I65) IPRO RR2 [®]	Brasmax	6,5
Brasmax Ponta (7166) IPRO RR2 [®]	Brasmax	6,6
Brasmax Ícone (68I70) IPRO RR2 [®]	Brasmax	6,8
Brasmax Potência RR1 [®]	Brasmax	6,7
DM 66I68 RSF IPRO RR2 [®]	Donmario	6,6
M6210 IPRO RR2 [®]	Monsoy	6,2
M6410 IPRO RR2 [®]	Monsoy	6,4

Fonte: Brasmax (<https://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-sul/>), Donmario (<https://www.donmario.com.br/cultivares-sul/#section-DM66i68>) e Agranda Sementes (<https://www.agranda.com.br/produto/soja-m-6410-ipro/> e <https://www.agranda.com.br/produto/soja-m-6210-ipro/>) (2022).

Para cada local foi realizado um experimento em blocos completos casualizados (DBC) em esquema fatorial 8x3 (oito cultivares e três densidades) com quatro repetições e 24 tratamentos. As parcelas foram constituídas de 4 linhas de 4 metros espaçadas em 0,50 m, sendo semeadas com semeadora experimental do tipo cone. Para obtenção das populações nas densidades baixa (140.000

plantas/ha), ideal (280.000 plantas/ha) e alta (420.000 plantas/ha) foram semeadas 6, 13 e 19 sementes, respectivamente, por metro de plantio, devido às cultivares apresentarem 95% de germinação.

As sementes foram tratadas com piraclostrobina, fipronil e tiofanato metílico. Foi feita a inoculação da soja com inoculante turfoso, composto por bactérias *Bradyrhizobium elkanii*, na dose de 100 gramas para cada 25 kg de sementes, misturados em um tanque antes da semeadura.

Para controle de plantas daninhas, trinta dias antes da semeadura foi realizada a aplicação de glyphosate (i. a.) na dose de 2,06 L ha⁻¹, 2,4-D (i. a.) na dose de 0,826 L ha⁻¹, e de diuron + paraquate (i. a.) na dose de 3,0 L ha⁻¹, 20 dias antes.

O fungicida foi aplicado de forma preventiva para *Phakopsora pachyrhizi* (ferrugem asiática). No início e durante o florescimento, foi aplicado duas vezes o fungicida prothioconazol e trifloxistrobina (i. a.) na dose de 0,4 L ha⁻¹, os inseticidas teflubenzurom (i. a.) na dose de 50 mL ha⁻¹ e tiametoxam e lambda cialotrina (i. a.) na dose de 0,250 L ha⁻¹.

Durante o enchimento de grãos da soja, foi pulverizado três vezes a sequência dos inseticidas, acefato (i. a.) na dose 1,033 L ha⁻¹, imidacloprido (i. a.) na dose 1,0 L ha⁻¹ e tiametoxan e lambda cialotrina (i. a.) na dose de 0,250 L ha⁻¹.

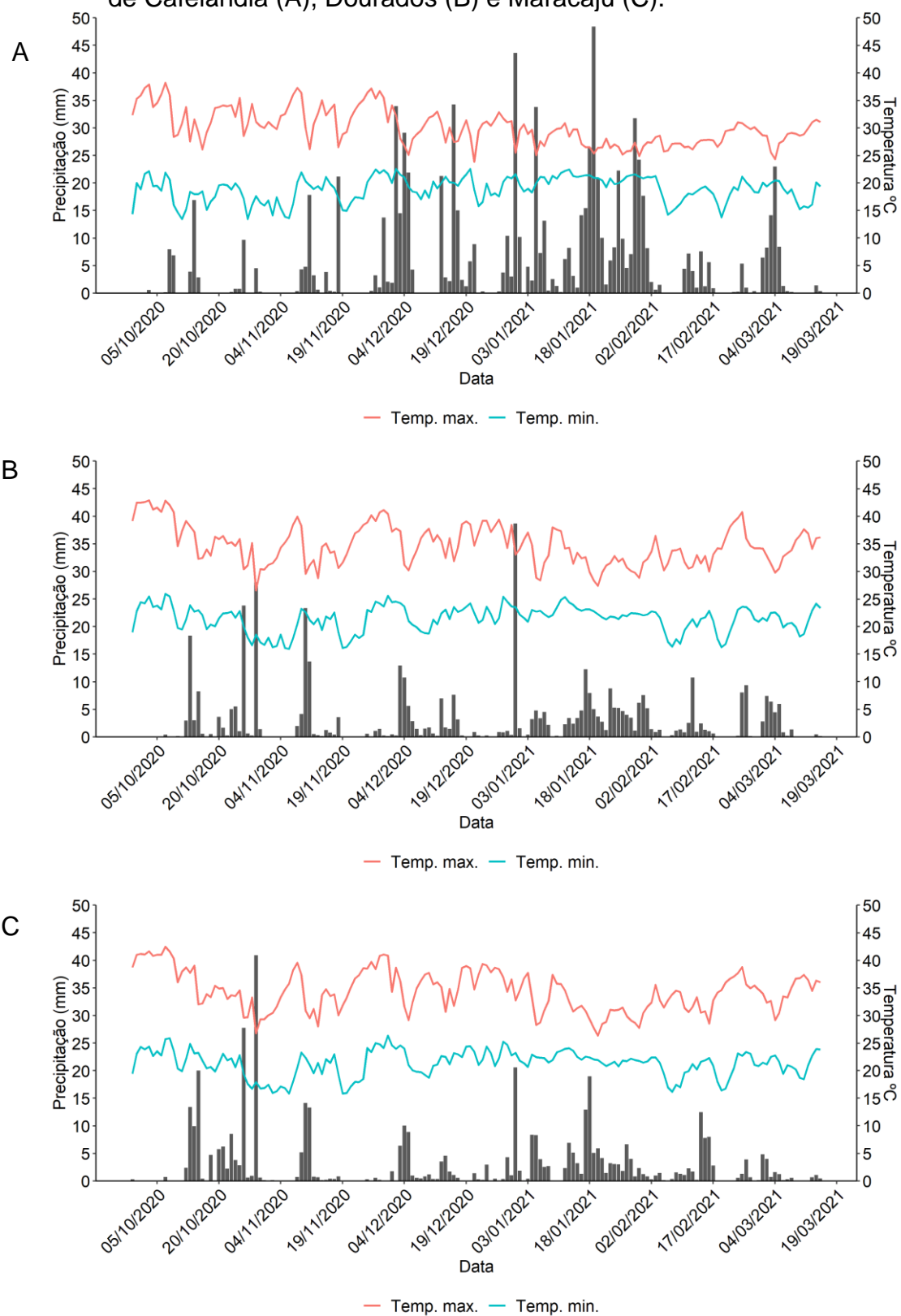
Os seguintes caracteres agronômicos foram avaliados em cinco plantas da área útil de cada parcela:

- a) **Número de vagens por planta (NVP)** - foi realizada a contagem direta do número total de vagens formadas em cada uma das cinco plantas e a média final foi obtida.
- b) **Massa de 100 grãos (MCG)** - oito subamostras de 100 sementes por parcela foram contadas para a determinação, usando uma balança analítica com sensibilidade de 0,001g.
- c) **Produtividade de grãos (PG)** - determinada em kg ha⁻¹ por meio da debulha das duas linhas centrais da parcela. O teor de água da massa das sementes foi ajustado para 13%.

Os dados dos caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância e, as médias foram agrupadas pelo teste Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade, pelo programa estatístico R, por meio do pacote AgroR (SHIMIZU; MARUBAYASHI; GONÇALVES, 2022).

Os dados de precipitação e temperaturas máximas e mínimas para as cidades de Cafelândia, Dourados e Maracaju, do plantio a colheita da safra 2020/21 estão apresentados na figura 1.

Figura 1 - Precipitação, temperatura máxima e mínima na safra 2020/21 nas cidades de Cafelândia (A), Dourados (B) e Maracaju (C).



Fonte: Nasa power (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fonte de variação cultivares foi significativa para todos os caracteres e locais de avaliação (Tabela 2). Houve diferença significativa para a densidade de semeadura exceto para a massa de 100 grãos (MCG) em Cafelândia e Maracaju. A interação cultivares por densidade de semeadura foi significativa para o número de vagens em todos os locais avaliados. As estimativas do coeficiente de variação (CV) variaram entre 3% e 22%, sendo considerados entre médio e alto, de acordo com Pimentel Gomes (2009) e foram similares aos valores relatados na literatura para os caracteres avaliados na cultura da soja (BALBINOT JUNIOR et al., 2015; CRUZ et al., 2016; FERREIRA et al., 2018; MATAA; SICHILIMA, 2019; RAMOS JUNIOR; RAMOS; BULHÕES, 2019).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para a produtividade de grãos (PG), massa de 100 grãos (MCG) e número de vagens por planta (NVP) de cultivares de soja avaliadas em diferentes densidades de semeadura em Cafelândia, Dourados e Maracaju.

Locais	Caracteres	Cultivares (C)	Densidade (D)	C x D	CV (%)	Média
Cafelândia	PG (kg. ha ⁻¹)	12,79*	15,94*	12,54 ^{ns}	16,13	4018,1 (2203,0 – 4894,0)
	MCG (g)	86,98*	0,37 ^{ns}	1,68 ^{ns}	4,31	15,99 (13,0 – 20,0)
	NVP	58,07*	21,54*	13,99*	5,83	53,98 (36,0 – 85,0)
Dourados	PG (kg. ha ⁻¹)	18,24*	26,98*	9,86 ^{ns}	18,86	3373,4 (1195,0 – 5182,0)
	MCG	48,39*	4,98*	11,59 ^{ns}	5,86	16,19 (13,3 – 20,7)
	NVP	649.4*	1975.5*	688.7*	15,02	76,66 (42,0 – 138,0)
Maracaju	PG (kg. ha ⁻¹)	33,48*	17,06*	8,72 ^{ns}	10,37	4165,8 (2775,0 – 5330,0)
	MCG	89,96*	0,44 ^{ns}	1,41 ^{ns}	3,19	16,67 (14,0 – 20,3)
	NVP	20,06*	33,47*	12,98*	22,03	75,68 (32,0 – 189,0)

^{ns} = Não significativo; e * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Valores entre [] indicam amplitude.

Fonte: Do autor (2022).

As médias das cultivares dos três locais para a produtividade e massa de 100 grãos são apresentadas na Tabela 3. As médias foram superiores nas densidades ideal e alta independentemente do local de avaliação. As cultivares 66168RSF IPRO, 68170RSF IPRO, 7166RSF IPRO e BMX POTÊNCIA apresentaram produtividade

média superior às demais em Dourados e Maracaju. No entanto, a cultivar M6210 IPRO também foi agrupada entre as melhores em Dourados.

Tabela 3 - Médias de produtividade (PG) (kg. ha⁻¹) e massa de 100 grãos (MCG) de diferentes cultivares de soja e densidades de semeadura nos municípios de Cafelândia, Dourados e Maracaju.

Cultivares	PG (kg. ha ⁻¹)			MCG (g)		
	Locais					
	Cafelândia	Dourados	Maracaju	Cafelândia	Dourados	Maracaju
64I61RSF IPRO	4120,4 A	2768,54 B	3964,38 B	14,17 D	14,86 C	15,86 D
65I65RSF IPRO	4568,7 A	3552,71 A	3806,46 C	16,03 B	16,19 B	16,31 C
66I68RSF IPRO	4019,4 A	3738,96 A	4615,21 A	19,00 A	17,94 A	19,44 A
68I70RSF IPRO	3880,6 A	3295,21 A	4445,00 A	18,44 A	17,53 A	18,89 B
7166RSF IPRO	3702,3 A	3330,00 A	4517,50 A	15,47 C	15,81 B	16,50 C
BMX POTÊNCIA	4201,2 A	3485,21 A	4278,33 A	15,42 C	15,31 C	15,75 D
M6210 IPRO	3763,5 A	3865,62 A	4100,62 B	14,19 D	16,08 B	14,58 E
M6410 IPRO	3888,7 A	2951,04 B	3599,17 C	15,19 C	15,81 B	16,03 D
Densidade ¹						
Baixa	3637,6 B	2777,7 B	3826,2 B	15,85 A	15,88 B	16,55 A
Ideal	4069,3 A	3610,7 A	4311,8 A	16,12 A	16,06 B	16,64 A
Alta	4347,3 A	3731,7 A	4359,4 A	15,98 A	16,62 A	16,81 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

¹ N°de plantas /ha: Baixa = 140.000; Ideal = 280.000; Alta= 420.000

Fonte: do autor (2022).

O comportamento semelhante das cultivares em Cafelândia pode ser atribuído a maior precipitação nos meses de fevereiro a março em relação aos demais locais, bem como temperaturas mais amenas (Figura 1A). Condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento da soja, principalmente durante a fase de enchimento de grãos, como déficit hídrico prolongado associado a temperaturas elevadas, podem afetar a produtividade da soja (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Esses resultados podem estar relacionados à menor densidade devido à menor população de plantas no espaçamento utilizado neste estudo. Quando se utiliza menor densidade de plantas dentro das linhas, há uma distribuição mais equidistante das plantas, o que permite um aumento na utilização de luz no início do desenvolvimento da cultura, devido a maior área foliar e produção de biomassa e, como consequência, haverá maior produtividade (COX; CHERNEY, 2011; PROCÓPIO et al., 2014).

De forma geral, o aumento da densidade de semeadura provoca menor acúmulo de fitomassa e menor produção de grãos de soja por planta. No entanto, a produtividade é compensada pela maior quantidade de plantas utilizadas, ou seja, o aumento do número de plantas por área compensou o menor acúmulo de massa por planta observado na maior densidade. Esses resultados estão de acordo com a teoria da alta capacidade da soja de modular seu crescimento conforme as condições ambientais, o que torna a produtividade pouco sensível às mudanças na densidade de plantas (AKOND et al., 2013; GAN et al., 2002; HEIFFIG et al., 2006).

Em geral, a densidade populacional não afetou a MCG (Tabela 3). No entanto, observa-se que houve diferença entre as cultivares avaliadas, sendo que as cultivares 66I68RSF IPRO e 68I70RSF IPRO apresentaram valores superiores nos três locais. De acordo com a literatura o efeito da densidade de plantas na massa de grãos depende principalmente da cultivar, assim há maior influência do genótipo em comparação ao manejo da cultura. Souza et al. (2016) comparando cultivares com diferentes hábitos de crescimento em diferentes densidades de plantas, observou que a massa de mil grãos foi influenciada, apenas pelo genótipo de cada cultivar. Resultados semelhantes foram observados por Modolo et al. (2016), Cox e Cherney (2011) e Suhre et al. (2014).

Para o caráter número de vagens por planta (NVP), foi observado efeito da interação entre cultivares e densidade de semeadura em todos os locais avaliados (Tabela 4). De modo geral, as medias do NVP das cultivares foram superiores na menor densidade de semeadura variando de 52,8 (BMX POTÊNCIA) a 79,0 (M6410 IPRO), de 56,2 (M6410 IPRO) a 126,2 (64I61RSF IPRO), de 71,0 (68I70RSF IPRO) a 117,0 (BMX POTÊNCIA) em Cafelândia, Dourados e Maracaju, respectivamente.

Tabela 4 - Número de vagens (NVP) por planta de cultivares de soja em diferentes densidades de semeadura avaliadas nos municípios de Cafelândia, Dourados e Maracaju.

Cultivares	Local								
	Cafelândia			Dourados			Maracaju		
	Densidade								
	Baixa ¹	Ideal	Alta	Baixa	Ideal	Alta	Baixa	Ideal	Alta
64I61RSF IPRO	61,8 Ba	51,5 Cb	40,2 Dc	126,2 Aa	75,2 Ab	75,9 Bb	112,8 Aa	69,2 Bb	68,2 Ab
65I65RSF IPRO	64,5 Ba	53,0 Cb	54,2 Bb	115,5 Aa	75,5 Ab	88,2 Bb	93,2 Ba	106,0 Aa	85,0 Aa
66I68RSF IPRO	43,2 Ea	46,8 Da	43,2 Ca	114,3 Aa	69,5 Bb	107,8 Aa	88,20 Ba	76,5 Ba	59,8 Ba
68I70RSF IPRO	48,0 Da	40,8 Eb	39,8 Db	86,9 Ba	89,5 Aa	82,6 Ba	71,0 Ba	65,2 Ba	51,8 Ba
7166RSF IPRO	61,2 Ba	52,8 Cb	53,8 Bb	84,9 Ba	78,1 Ab	71,5 Bb	84,8 Ba	66,5 Ba	55,5 Ba
BMX POTÊNCIA	52,8 Ca	47,2 Db	45,2 Cb	83,5Ba	71,9 Bb	82,5 Ba	117,0 Aa	64,2 Bb	59,5 Bb
M6210 IPRO	76,8 Aa	67,5 Ab	65,0 Ab	77,2 Ba	70,9 Ba	77,2 Ba	102,5 Aa	74,2 Bb	69,0 Ab
M6410 IPRO	79,0 Aa	61,8 Bb	45,5 Cc	56,2 Cb	68,2 Ba	65,5 Ba	91,00 Ba	47,8 Bb	37,2 Bb

¹ N°de plantas /ha: Baixa = 140.000; Ideal = 280.000; Alta= 420.000

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: do autor (2022).

Houve maior discriminação das cultivares nas diferentes densidades de semeadura para o NVP em Cafelândia (Tabela 4), sendo que as médias foram classificadas em cinco grupos pelo teste de médias Scott & Knott ($P < 0,05$), exceto para a maior densidade de semeadura em que as cultivares formaram três grupos. Em Dourados e Maracaju as cultivares foram classificadas em dois grupos nas diferentes densidades de semeadura, exceto para baixa densidade em Dourados em que as médias das cultivares formaram três grupos.

As diferentes respostas das cultivares em cada densidade podem estar relacionadas a adaptação das cultivares às condições edafoclimáticas da região, uma vez que há efeito dos fatores ambientais no desenvolvimento das plantas de soja. Além disso, existe grande variabilidade entre as cultivares quanto à sensibilidade ao fotoperíodo e à temperatura, sendo que a primeira é considerada o principal fator determinante da adaptação das cultivares (MEOTTI et al., 2012).

De modo geral, o NVP da maioria das cultivares avaliadas foi superior na menor densidade em relação às demais densidades de semeaduras avaliadas em Dourados e Cafelândia (Tabela 4), exceto para as cultivares 66I68RSF IPRO em Cafelândia e 68I70RSF IPRO e M6210 IPRO em Dourados, que não apresentaram diferenças significativas nas diferentes densidades de semeadura pelo teste Scott & Knott ($P < 0,05$). Comportamento semelhante foi observado em Maracaju, exceto para as cultivares 65I65RSF IPRO, 66I68RSF IPRO, 68I70RSF IPRO e 7166RSF IPRO que apresentaram o mesmo desempenho nas densidades de semeadura avaliadas. As maiores médias para o NVP na densidade abaixo do ideal, eram esperadas, uma vez que a redução no número de plantas é compensada pelo maior número de vagens por planta, como já discutido anteriormente.

A redução no número de plantas de soja por área geralmente é compensada por um incremento no número de vagens por planta. Além disso, em altas densidades de plantas há redução da produção de vagens e, conseqüentemente, de grãos em função da competição intraespecífica (FERREIRA et al., 2018).

A cultivar M6210 IPRO apresentou maior plasticidade em Cafelândia sendo classificada no grupo com as maiores médias para o NVP em todas as densidades de semeadura avaliadas (Tabela 4). Em Dourados, de modo geral as cultivares 64I61RSF IPRO, 65I65RSF IPRO e 66I68RSF IPRO apresentaram as maiores

médias e plasticidade, no entanto, em Maracaju foram as cultivares 64I61RSF IPRO, 65I65RSF IPRO e M6210 IPRO.

Diversos estudos mostram que o número de vagens por planta é o componente de rendimento mais afetado pela densidade de plantas, sendo inversamente correlacionado a esse fator (FERREIRA et al., 2016, 2018; SOUZA et al., 2016).

5 CONCLUSÃO

Os caracteres produtividade, massa de 100 grãos e número de vagens por planta, variaram conforme a cultivar utilizada, devido às suas diferentes adaptações aos ambientes.

Para a produtividade de grãos as populações consideradas ideal (280.000 plantas/ha) e acima (420.000 plantas/ha) foram superiores à população de 140.000 plantas/ha.

O maior número de vagens por planta observado na menor densidade de semeadura, não refletiu em produtividade devido ao menor número de plantas na população final.

REFERENCIAS

- AKOND, Masum et al. Effect of Two Row Spaces on Several Agronomic Traits in Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. **Atlas Journal of Plant Biology**, v. 1, n. 2, p. 18–23, 2013. Disponível em: http://www.atlas-publishing.org/wp-content/uploads/2013/07/4-AJPB-Akond_et_al_2013.pdf.
- ASFAW, Asrat et al. AMMI and SREG GGE biplot analysis for matching varieties onto soybean production environments in Ethiopia. **Scientific Research and Essays**, v. 4, n. 11, p. 1322–1330, 2009.
- BALBINOT JUNIOR, A.A. et al. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura influenciando o crescimento de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 15, n. 2, p. 083–093, 2016. Disponível em: <http://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/223811711522016083>.
- BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215, 2015. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/14900>.
- BEZERRA, A. R. G et al. Importância econômica. *In*: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (org.). **Soja do plantio a colheita**. Viçosa: Ed UFV, 2015. p. 9–26.
- BOARD, James E.; KAHN, Charanjit S. Morphological Responses to Low Plant Population Differ Between Soybean Genotypes. **Crop Science**, v. 53, n. 3, p. 1109–1119, 2013. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2135/cropsci2012.04.0255>.
- BOARD, Jim. Light Interception Efficiency and Light Quality Affect Yield Compensation of Soybean at Low Plant Populations. **Crop Science**, v. 40, n. 5, p. 1285–1294, 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci2000.4051285x>.
- COX, William. J.; CHERNEY, Jerome H. Growth and Yield Responses of Soybean to Row Spacing and Seeding Rate. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 1, p. 123–128, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2010.0316>.
- CRUZ, S. C. S.; SENA JUNIOR, D. G.; AIRES DOS SANTOS, D. M.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **REVISTA DE AGRICULTURA NEOTROPICAL**, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2016. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/431>
- EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja - Região Central do Brasil, 2004**. Londrina: Embrapa Soja, 2004.
- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - Região Central do Brasil 2014**. Londrina: Embrapa Soja, 2013.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS, Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
Acesso em: 07 fev 2023.

FARIAS, S. J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo (Circular Técnica, 48), 2007.

FERREIRA, A. S.; ZUCARELI, C.; WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Plant spatial arrangement affects grain production from branches and stem of soybean cultivars. **Bragantia**, v. 77, n. 4, p. 567–576, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052018000400567&lng=en&tlng=en

FERREIRA, André Sampaio et al. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 362–370, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052016000300362&lng=en&tlng=en.

GAN, Y et al. Physiological response of soybean genotypes to plant density. **Field Crops Research**, v. 74, n. 2–3, p. 231–241, 2002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S037842900100212X>.

GAZZONI, Decio Luiz. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 3, p. 16–18, 2018. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252018000300005&lng=pt&tlng=pt.

HEIFFIG, Lília Sichmann et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285–295, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052006000200010&lng=pt&tlng=pt.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi; LAZZAROTTO, Joelsio José. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. LSPA – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistemico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>. Acesso em: 07 fev 2023.

MATAA, M.; SICHILIMA, I. Phenotypic plasticity in soybean (*Glycine max* (Merrill)) genotypes with contrasting growth characteristics subjected to planting density stress at different developmental stages. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 12, p. 643–651, 2019. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/688DAEF60537>

MEOTTI, Giovane Vanin et al. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de

cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 14–21, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2012000100003&lng=pt&tlng=pt.

MODOLO, Alcir José et al. Rendimento de soja em função do arranjo de plantas. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE - Revista de Agricultura**, v. 91, n. 3, p. 216, 2016. Disponível em: <http://www.revistadeagricultura.org.br/index.php/revistadeagricultura/article/view/143>.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005.

NORSWORTHY, Jason K.; SHIPE, Emerson R. Effect of Row Spacing and Soybean Genotype on Mainstem and Branch Yield. **Agronomy Journal**, v. 97, n. 3, p. 919–923, 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj2004.0271>.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: FEALQ, 2009.

PROCÓPIO, Sergio de Oliveira et al. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 56, n. 4, p. 319–325, 2013. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/rca.2013.048>.

PROCÓPIO, Sergio De Oliveira et al. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **REVISTA AGRO@MBIENTE ON-LINE**, v. 8, n. 2, p. 212, 2014. Disponível em: <http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/1469>.

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 Agroambientais**, v. 17, n. 2, p. 51–56, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/2587>

SEDIYAMA, T et al. Origem e evolução. *In*: SEDIYAMA, Tuneo (org.). **Melhoramento genético da soja**. Londrina: Mecenas, 2015. p. 11–18.

SHIMIZU G, MARUBAYASHI R, GONCALVES L. AgroR: Experimental Statistics and Graphics for Agricultural Sciences_. R package version 1.3.2, <https://CRAN.R-project.org/package=AgroR>. 2022.

SILVA, F. C. S. et al. Importância econômica e evolução do melhoramento. *In*: SILVA, Felipe et al. (org.). **Melhoramento da soja**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 563.

SOARES, Igor Oliveri et al. Interaction between Soybean Cultivars and Seed Density. **American Journal of Plant Sciences**, v. 06, n. 09, p. 1425–1434, 2015. Disponível em: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/ajps.2015.69142>.

SOUZA, Raniele et al. Soybean morphophysiology and yield response to seeding systems and plant populations. **Chilean journal of agricultural research**, v. 76, n. 1, p. 3–8, 2016. Disponível em:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392016000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

SPECHT, J. E.; HUME, D. J.; KUMUDINI, S. V. Soybean Yield Potential-A Genetic and Physiological Perspective. **Crop Science**, v. 39, n. 6, p. 1560–1570, 1999. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2135/cropsci1999.3961560x>.

SUHRE, Justin J. et al. Soybean Yield Partitioning Changes Revealed by Genetic Gain and Seeding Rate Interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, n. 5, p. 1631–1642, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj14.0003>.

THOMPSON, Nathanael M. et al. Mid-South Soybean Yield and Net Return as Affected by Plant Population and Row Spacing. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 3, p. 979–989, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj14.0453>.

TIAN, Zhixi et al. Artificial selection for determinate growth habit in soybean. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 19, p. 8563–8568, 2010. Disponível em: <https://pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1000088107>.

TORRES, Francisco Eduardo; SILVA, Edimilson Carvalho da; TEODORO, Paulo Eduardo. Desempenho de genótipos de soja nas condições edafoclimáticas do ecótono Cerrado-Pantanal. **Interações (Campo Grande)**, v. 15, n. 1, p. 71–77, 2015.

ZHOU, X. B.; CHEN, Y. H.; OUYANG, Z. Spacing between rows: effects on water-use efficiency of double-cropped wheat and soybean. **The Journal of Agricultural Science**, v. 153, n. 1, p. 90–101, 2015. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0021859613000890/type/journal_article.