

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

CHARLYS GONÇALVES REIS

ARRANJOS ESPACIAIS E POPULACIONAIS NA CULTURA DA SOJA PARA  
ELEVADAS PRODUTIVIDADES

Monte Carmelo  
2018

CHARLYS GONÇALVES REIS

ARRANJOS ESPACIAIS E POPULACIONAIS NA CULTURA DA SOJA PARA  
ELEVADAS PRODUTIVIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Everson Reis Carvalho

Monte Carmelo  
2018

CHARLYS GONÇALVES REIS

ARRANJOS ESPACIAIS E POPULACIONAIS NA CULTURA DA SOJA PARA  
ELEVADAS PRODUTIVIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 30 de novembro de 2018.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Everson Reis Carvalho  
Orientador

---

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga  
Membro da Banca

---

Debora Kelli Rocha  
Engenheira Agrônoma

Monte Carmelo  
2018

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado sabedoria, garra e desempenho para concluir esse trabalho.

Aos meus pais Sebastião Gonçalves Sousa e Nilza Moreira Sousa, por terem acreditado em mim durante todo esse período de graduação, dando segurança, apoio e atenção, sendo meu alicerce, sempre estando em meu lado nos momentos difíceis, os quais superamos juntos nessa caminhada e, nos momentos bons, em que nos alegamos pelas conquistas nesta etapa da minha vida.

A todos professores do curso de Agronomia pelo conhecimento transmitido, tanto profissional quanto pessoal.

À Universidade Federal de Uberlândia – Campus Monte Carmelo, unidade Araras, por ter cedido à área para realização do experimento.

A todos os membros do Centro de Excelência em Soja e Feijão – CESF - UFU no qual eu participo. Obrigado por todo o trabalho em equipe que realizamos, pelo aprendizado e empenho na realização de nossos projetos de pesquisa.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Everson Reis Carvalho por ter acreditado no meu potencial, pelos ensinamentos que foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho e conhecimento repassados.

A todos meus amigos e funcionários do campus que tiveram uma participação direta ou indireta na minha formação e realização do experimento.

## RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de soja. Vários fatores induzem os sojicultores a buscarem novas alternativas para aumentar a produtividade, com intuito de superar a safra anterior, assim surgem novas tecnologias. O objetivo no trabalho foi avaliar o uso de arranjos populacionais e espaciais, em função de espaçamentos entre linhas e densidade de plantas na linha de semeadura, sobre as características agrônômicas e a produtividade da soja de alta tecnologia cultivada no cerrado mineiro. O experimento foi conduzido em área experimental na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no *campus* de Monte Carmelo, MG. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições, envolvendo a combinação de dois espaçamentos entre linhas, 0,25 e 0,50 m e quatro densidades populacionais: 320.000, 400.000, 520.000 e 600.000 plantas por hectare. As parcelas foram constituídas pelos dois espaçamentos entre linhas. As subparcelas foram as quatro densidades populacionais. As características avaliadas foram altura de plantas inicial aos 30 dias após emergência (30 DAE), altura de plantas final, altura 1º legume, número de legumes por planta, sementes por legume, peso de mil sementes (PMS) e produtividade Kg ha<sup>-1</sup>. O maior número de plantas na linha de semeadura com o espaçamento 0,5 m em relação à 0,25 m ocasionou maior altura inicial (30 DAE) e final de plantas de soja. A melhor distribuição das plantas na área com o uso de 0,25 m entre linhas proporcionou a manutenção do número de legumes por planta, mesmo com elevadas densidades de semeadura. A semeadura com espaçamento entre linhas de 0,25 m resultou em maior produtividade em relação ao uso de 0,50 m.

**Palavras-chave:** Densidade. Espaçamento. Estande. *Glycine max*. Produção.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2 OBJETIVO</b> .....	7
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	7
<b>3.1 Densidade populacional de plantas na soja</b> .....	7
<b>3.2 Comportamento da soja em diferentes arranjos</b> .....	7
<b>3.3 Plantio adensado</b> .....	8
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	9
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	11
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	17
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	18

## 1 INTRODUÇÃO

A soja é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, sendo a principal cultura do agronegócio brasileiro, apresentou um aumento da área semeada, de 33,9 para 35,1 milhões de hectares na safra atual, um ganho absoluto de 1,2 milhão de hectares, o maior entre todas as culturas avaliadas no país. No Brasil, a grande expansão teve início a partir da década de 1970 e, na última safra de 2017/2018, a produção foi de 118 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

A expansão das áreas cultivadas é relacionados aos avanços tecnológicos, entre os quais se destacam a gestão fitossanitária, a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, cultivares transgênicas, genótipos de alta adaptabilidade, tempo de semeadura adequado e densidade populacional (ANDRADE et al., 2016).

Para a obtenção de altas produtividades de soja é necessário que todos os fatores de produção sejam fornecidos e manejados de forma adequada, principalmente em lavouras de alta tecnologia. Uma das preocupações e prioridade na agricultura moderna é o aumento da produtividade dos grãos, sem a necessidade de abertura de novas áreas. A cultura da soja na região do cerrado tem sido cultivada com elevado nível tecnológico. Na tentativa de atender essa necessidade, surgem novas técnicas de manejo como o uso de arranjos diferenciados espaciais e populacionais de plantas.

A combinação da densidade de plantas na linha com o espaçamento entre linhas define a população de plantas da cultura, a qual influencia diretamente as características agronômicas da planta de soja. O aumento do número de plantas de soja com essas características modificadas podem influenciar algumas características agronômicas da planta de soja bem como a produção de grãos (DAROISH et al., 2005).

Dessa forma, a melhor população de plantas deve possibilitar além do alto rendimento, altura de planta e de inserção da primeira vagem adequada à colheita mecanizada e plantas que não acamem (PEIXOTO et al., 2000). Assim se justificam trabalhos para estudar novos arranjos populacionais, desde baixas até elevadas densidades, aliados à espaçamentos possíveis de serem utilizados em escala comercial, visando elevar a produtividade de cultivares atualmente utilizadas.

## **2 OBJETIVO**

Avaliar o uso de novos arranjos populacionais e espaciais, em função de espaçamentos entre linhas e densidade de plantas nas linhas de semeadura, sobre as características agronômicas e a produtividade da soja de alta tecnologia cultivada no cerrado mineiro.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Densidade populacional de plantas na soja**

A população é fator determinante para o arranjo das plantas no ambiente de produção e influencia o crescimento da soja. Estudos têm demonstrado que a melhor população de plantas de soja para o sistema convencional de plantio é de aproximadamente 400.000 plantas ha<sup>-1</sup>, havendo tolerância da cultura para variações da ordem de 20% a 25% deste número para mais ou para menos (EMBRAPA, 1996).

Cuidado especial deve ser adotado para não incrementar em demasia a densidade de semeadura em cultivares que apresentam propensão ao acamamento (BALBINOT JR., 2011).

A exploração da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelas plantas é altamente influenciada por suas condições de crescimento e desenvolvimento (FONTANA et al. 2012), estas podem ser modificadas pelo manejo cultural como por exemplo, a densidade de cultivos. Recentemente, alguns produtores visando o incremento de produtividade, têm optado pelo plantio adensado na cultura da soja, com distintos espaçamentos entre linhas. O uso de altas densidades de semeadura pode proporcionar boa interceptação da RFA. Já baixas densidades comprometem sua capacidade de interceptação.

Peter et al. (2016) trabalhando com cinco densidades de semeadura, 20, 30, 40, 50 e 60 plantas m<sup>-2</sup>, em espaçamento de 0,40 m entrelinhas, relataram que o uso de 20 a 30 plantas m<sup>-2</sup> proporcionou maior aproveitamento luminoso e produtividade, independente da cultivar.

### **3.2 Comportamento da soja em diferentes arranjos**

Na busca por melhor interação do sistema planta-ambiente, o homem atua como modificador e gerenciador do sistema, isso ocorre tanto pela escolha de espécies ou cultivares

adaptadas a determinado ambiente, seja pela adequação do ambiente, quando em condições desfavoráveis a produção, desde que esse fator seja, economicamente, passível de melhora (CÂMARA; HEIFFIG, 2000).

Os maiores rendimentos alcançados pela soja são determinados pela otimização em interceptar a radiação solar durante os estádios vegetativo e reprodutivo iniciais. Espaçamentos reduzidos aumentam o número de legumes por m<sup>2</sup> em virtude da maior interceptação de luz entre os estádios R1 (início do florescimento) e R5 (início do enchimento de grãos) da planta (VENTIMIGLIA et al., 1999). A interceptação de luz é fundamental para o armazenamento de fotoassimilados, o desenvolvimento de gemas reprodutivas e a diminuição do aborto de flores e legumes (BOARD; HARVILLE, 1994).

O arranjo de plantas associado a um índice de área foliar que permite a interceptação de pelo menos 90% da RFA é altamente desejável (SILVA et al. 2013).

Existem resultados promissores com vantagens dos arranjos espaciais reduzidos. Naeve et al. (2004) estudaram a influência do espaçamento entre linhas na cultura da soja no estado norte americano de Minnesota, e o espaçamento de 0,25 m entre linhas apresentou um rendimento significativamente maior que o espaçamento de 0,75 m entre linhas. Berbert et al. (2008) não encontraram diferenças significativas no rendimento de grãos entre os espaçamentos entre linhas de 0,30; 0,45 e 0,60 m, mas citaram a eficiência cultural no processo de competição com as plantas daninhas e a redução das doses e do número de aplicações de herbicidas pós emergentes como ponto positivo para o espaçamento de 0,30 m.

De acordo com Caliskan et al. (2007), não existe um espaçamento e uma densidade de plantas de soja ideal para todos os ambientes e cultivares, sendo relevante a observação da interação entre o espaçamento e densidade de plantas para cada condição de cultivo.

### **3.3 Plantio adensado**

A maior expressão do potencial produtivo das cultivares depende das condições do meio onde as plantas se desenvolverão. Assim, alterações relacionadas à população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos em produtividade, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre as linhas. A redução do espaçamento proporciona melhor distribuição das plantas na área, permitindo maior interceptação de luz, resultando em alterações na arquitetura das plantas e acelerando o fechamento das entrelinhas (TOURINO; RESENDE; SALVADOR, 2002).

Por meio de estudos foi possível constatar que o arranjo espacial de plantas pode influenciar positivamente no rendimento da cultura (RAMBO et al., 2004). Esse efeito pode ser atribuído à distribuição espacial das plantas na área, a fim de minimizar a competição intraespecífica e maximizar o aproveitamento dos recursos do ambiente.

A redução do espaçamento é uma prática de manejo usada na busca de arranjos que propiciem menor competição entre plantas, já tendo sido comprovada uma série de vantagens com a sua utilização como melhor eficiência do uso da água devido ao sombreamento mais rápido do solo, melhor distribuição de raízes, redução da competição intraespecífica, maior habilidade de competição com plantas daninhas, exploração mais uniforme da fertilidade do solo e maior e mais antecipada interceptação da energia solar (RAMBO, 2003). Como desvantagem segundo Costa et al. (2002), alguns autores citam o aumento de doenças com a redução do espaçamento entre linhas devido à ocorrência de maior umidade no interior do dossel devido a cobertura do solo mais rápida.

Segundo Kuss (2006), a redução no espaçamento entre linhas, apesar de adequada como prática de manejo para a soja esbarra na limitação da maioria das semeadoras as quais não permitem reduções no espaçamento entre linhas para valores inferiores a 40 cm. Mas, de acordo com Costa et al. (2002), dado ao valor econômico dos grãos de soja no cenário mundial, a cultura da soja passou a ser tratada com igual prioridade no que se refere à pesquisa para o desenvolvimento de semeadoras, apresentando como meta atender as necessidades do plantio direto e colocação de linhas mais próximas.

#### **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Monte Carmelo, MG, que apresenta as coordenadas 18°42'43,19" S e 47°29'55,8" WGr, com uma altitude média de 873 metros.

O clima de Monte Carmelo, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical quente úmido, com inverno frio (15/16 °C) e seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.474 mm e 22,6 °C, respectivamente, segundo Instituto Nacional de Meteorologia, INMET (BRASIL, 1992).

A cultura da soja foi semeada, em sistema de plantio direto, na data de 09 de novembro de 2017, a cultivar utilizada foi a Brasmax Desafio RR – 8473RSF, que apresenta alto potencial produtivo, ideal para alta tecnologia e altamente responsiva, possui: porte médio, hábito de crescimento indeterminado, grupo de maturação de 7.4, cor da flor branca,

cor do hilo marrom claro, exigência de fertilidade alta, altamente responsiva à época de plantio (região central: 20 de outubro/ 15 de novembro) e população, cultivar com o gene Roundup Ready, e possui excelente sanidade foliar para Mancha-Alvo (BRASMAX, 2018).

O solo na área experimental é do tipo Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006) e o resultado das análises químicas e físicas (amostra 0,00 - 0,20 m profundidade) está apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo (0,00 - 0,20 m) na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, MG

Parâmetro	Extrator	Unidade	Teores*
P	Mehlich 1	mg dm <sup>-3</sup>	36,70
K	Mehlich 1	mg dm <sup>-3</sup>	144,70
Ca	KCl 1mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,33
Mg	KCl 1mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,88
Al	KCl 1mol L <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,0
H + Al	SMP	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,90
Soma de bases		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,58
CTC efetiva (t)		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,58
CTC pH 7,0 (T)		cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	7,48
Saturação bases (V)		%	61,2
Saturação Al <sup>3+</sup> (m)		%	0,0
M.O.		dag kg <sup>-1</sup>	2,70
P-rem		mg L <sup>-1</sup>	---
pH em H <sub>2</sub> O			6,4
pH	(CaCl <sub>2</sub> 1:2,5)		5,5
Areia		g kg <sup>-1</sup>	375
Silte		g kg <sup>-1</sup>	175
Argila		g kg <sup>-1</sup>	450

Fonte: Laboratório Brasileiro de Análises Agrícolas Ltda (LABRAS), Monte Carmelo, MG.

De posse dos resultados da análise de solo, as necessidades de fósforo e potássio para a soja foram calculadas conforme indicações de Ribeiro et al. (1999), foi realizada a adubação no sulco no momento da semeadura. As sementes foram inoculadas com produto comercial contendo *Bradyrhizobium elkanii* (SEMIA 5019) e *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079), produto líquido na proporção de  $3,0 \times 10^6$  bactérias por semente. Por meio das sementes também foram veiculados Cobalto e Molibdênio. Todos os tratamentos culturais, controle de plantas daninhas, insetos praga e doenças, foram realizados uniformemente em todas as parcelas.

O experimento foi instalado com dois espaçamentos entre linhas, 0,25 m com quatro densidades populacionais, 320.000 (8 semente por metro linear), 400.000 (10 semente por metro linear), 520.000 (13 semente por metro linear) e 600.000 plantas por hectare (15

semente por metro linear), 0,5 m com quatro densidades populacionais, 320.000 (16 semente por metro linear), 400.000 (20 semente por metro linear), 520.000 (26 semente por metro linear) e 600.000 plantas por hectare (30 semente por metro linear). Após 15 dias da emergência das plântulas foi realizado o desbaste de forma manual para obtenção das populações desejadas.

O delineamento experimental utilizado em blocos casualizados e esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições, envolvendo a combinação de dois espaçamentos entre linhas e quatro densidades populacionais. As parcelas foram constituídas pelos dois espaçamentos entre linhas. As subparcelas foram as quatro densidades populacionais, implantadas em uma área de 2 x 5 metros, área total de 10 m<sup>2</sup>. Compreendendo 4 linhas de semeadura com 5 metros de comprimento quando do espaçamento entrelinhas de 0,5 m e 8 linhas de semeadura com 5 metros de comprimento quando do espaçamento de 0,25 m. A unidade experimental considerada útil foram os 4 m<sup>2</sup> centrais, sendo as 2 linhas centrais no espaçamento de 0,5 m, e as 4 linhas centrais no espaçamento de 0,25 m, com eliminação de 0,50 m em cada extremidades das mesmas, a título de bordadura.

As características agronômicas avaliadas foram: a altura de plantas aos 30 dias após a emergência, altura final e altura de inserção da primeira vagem em pré-colheita, em centímetros e medida em 10 plantas tomadas aleatoriamente nas subparcelas úteis. Foram quantificados o número de vagens por planta, número de sementes por vagem, também tomadas aleatoriamente em 10 plantas, o peso de mil de sementes (BRASIL, 2009) e a produtividade de grãos (kg ha<sup>-1</sup>) após conversão para 13% de umidade.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do software Sisvar® (FERREIRA, 2014), a 5% de probabilidade pelo teste F. Quando pertinente, as médias foram comparadas por meio do teste Scott-Knott, a 5%.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Por meio da análise de variância (Tabela 2) verificou-se que, para altura de planta aos 30 dias após a emergência todas as fontes de variação afetaram de forma significativa, incluindo a interação espaçamento\*densidade. Para altura final de plantas a densidade de semeadura afetou de forma isolada, também ocorrendo interação significativa espaçamento\*densidade.

Para altura de inserção de primeiro legume e número de legumes por planta também ocorreram efeito isolado na densidade de plantas e interação significativa entre espaçamento\*densidade (Tabela 2).

Para número de sementes por legumes e peso de mil sementes (PMS) não foram observadas diferenças significativa (Tabela 2). Em média o número de sementes por vagem foi de 2,5, já o PMS médio foi de 176,33 g

Em relação a variável produtividade, somente a fonte de variação espaçamento entre linhas influenciou de forma significativa (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para altura inicial (30 DAE), altura final (Alt. Final), altura de inserção de primeiro legume (Alt 1º legume), número de legume por planta (Nº leg planta<sup>-1</sup>), número de sementes por legume (Sem/legume), peso de mil sementes (PMS) e produtividade (Prod.) de soja em função de espaçamento entre linha e densidade de plantas de soja

Fonte de variação	GL	Quadrados médios (QM)						
		Alt. Inicial	Alt. final	Alt 1º legume	Nº leg planta <sup>-1</sup>	Sem/legume	PMS	Prod.
Espaç	1	55,0*	1,9	10,0	1,2	0,01	20,2	1013526,0*
Bloco	2	43,7	46,6	2,8	4,3	0,00	18,0	12924,7
Erro 1	2	4,0	10,4	0,8	7,8	0,00	5,0	5770,5
Dens	3	48,0*	21,7*	4,3*	144,1*	0,00	8,9	156612,8
Espaç* Dens	3	21,1*	17,9*	3,1*	114,8*	0,00	10,8	163877,2
Erro 2	12	13,3	4,1	0,9	14,2	0,00	18,3	51463,4
CV 1 (%)		6,13	4,82	5,45	6,42	1,46	1,27	1,30
CV 2 (%)		4,56	3,02	5,95	8,64	2,87	2,43	3,88

\*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

A altura de plantas aos 30 dias após a emergência foi superior no sistema de semeadura convencional, espaçamento de 0,50 m, para as densidades, 520.000 e 600.000 pl.ha<sup>-1</sup>, em que não houve diferença entre os dois espaçamentos entre linhas (Tabela 3). Fato que pode estar relacionado ao maior número de plantas por metro linear de plantio no espaçamento de 0,50 m em relação ao de 0,25 m, gerando maior competição entre plantas na linha o que pode ocasionar essa maior altura inicial.

No espaçamento convencional, 0,50 m, as 2 densidades maiores, 520.000 e 600.000 pl.ha<sup>-1</sup>, proporcionaram maiores alturas de plantas aos 30 dias (Tabela 3). Já com o

espaçamento reduzido de 0,25 m, o maior valor foi constatado somente na maior densidade, 600.000 pl.ha<sup>-1</sup>. Isso devido a maior distribuição das plantas na área com o uso do espaçamento reduzido entre linhas.

A altura média das plantas, a altura da inserção da primeira vagem e a arquitetura das plantas de soja, são características definidas geneticamente, que, contudo, podem sofrer influências de vários fatores, como a época de semeadura, o espaçamento, a densidade populacional, o suprimento de água, a temperatura do ar e a fertilidade do solo (BERGAMASCHI; BARNI, 1978; VAZQUES et al., 2008).

**Tabela 3.** Altura inicial das plantas (30 DAE) de soja em função do espaçamento entre linhas e densidade de plantas

Densidade de plantas (pl.ha <sup>-1</sup> )	Espaçamento (m)	
	0,25	0,50
<b>320.000</b>	20,2 bB	22,3 aB
<b>400.000</b>	21,2 bB	23,3 aB
<b>520.000</b>	20,9 bB	27,1 aA
<b>600.000</b>	24,0 aA	25,7 aA

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a altura final das plantas em pré-colheita, entre os espaçamentos somente houve diferença com o uso de 520.000 pl.ha<sup>-1</sup>, em que com 0,25 m proporcionou plantas menores. Para as densidades, com o espaçamento de 0,50 m, as maiores médias de altura de plantas foram obtidas nos tratamentos com densidade de plantas de 320.000, 520.000, e 600.000 pl.ha<sup>-1</sup> (Tabela 4). Com o menor espaçamento, de 0,25 m, somente a densidade de 600.000 pl.ha<sup>-1</sup>, proporcionou a maior média de altura de plantas, resultado relacionado à distribuição das plantas na área. Com o espaçamento reduzido nas entrelinhas, somente a densidade com maior número de plantas proporcionou competição a ponto de afetar a altura das plantas.

Altura final de plantas é um ponto chave na produtividade de soja, busca-se no melhoramento genético plantas altas, entre nós curtos, resultando em um maior número de nós com isso maior número de vagens por planta.

Para Mauad et al. (2010) em espaçamentos de 0,25 m e semeadura em época correta, a planta produz maiores quantidades de fotoassimilados para o crescimento do ramo principal, aumentando a altura da planta e a altura da inserção da primeira vagem.

Ribeiro et al. (2017) utilizou 6 cultivares de soja e 4 densidades populacionais (320.000, 400.000, 520.000 e 600.000 mil plantas por hectare), com espaçamento entrelinhas

de 0,50 m na região Sul de Minas Gerais, e concluíram que as densidades de até 600.000 plantas por hectare não afetou o rendimento de grãos, independente da cultivar utilizada.

**Tabela 4.** Altura final das plantas de soja em função do espaçamento entre linhas e densidade de plantas

Densidade de plantas (pl.ha <sup>-1</sup> )	Espaçamento (m)	
	0,25	0,50
<b>320.000</b>	65,3 aB	67,4 aA
<b>400.000</b>	65,2 aB	63,7 aB
<b>520.000</b>	65,7 bB	70,3 aA
<b>600.000</b>	70,3 aA	67,3 aA

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com o uso do espaçamento convencional, 0,50 m, as maiores alturas do primeiro legume plantas (18,1 cm), foram obtidas no tratamento com densidade de 520.000 pl.ha<sup>-1</sup> (Tabela 5). Com a utilização do espaçamento reduzido de 0,25 m, a densidade de 600.000 pl.ha<sup>-1</sup>, apresentou a maior média de altura do 1º legume com (17,1 cm), estas alturas medias para altura do 1º legume estão ótimas e não limita a redução no espaçamento. Entre os espaçamentos, quando houve diferença significativa com o uso de 320.00 e 520.00 pl.ha<sup>-1</sup>, os tratamentos com 0,50 m entrelinhas apresentaram alturas médias superiores aos tratamentos com 0,25 m. Fato relacionado a maior competição intraespecífica na linha de semeadura (Tabela 5).

A utilização de espaçamentos menores entre linhas e populações maiores de plantas resulta em estratégia de manejo para aumentar a altura da planta e a altura da inserção das primeiras vagens, o que facilita a colheita e reduz as perdas (HEIFFIG, 2002). Esse fator tem correlação com o aproveitamento de luz na camada inferior do dossel, ou seja, quanto mais luz atingir a camada inferior do dossel, mais baixo será o nó do primeiro legume e, por consequência, sua altura de inserção (ZABOT, 2009).

A inserção da primeira vagem é uma característica importante, pois é referência à regulagem da altura da barra de corte da colhedora visando alcance da máxima eficiência durante esse processo. Segundo Sedyama et al. (1999), para não haver perda na colheita pela barra de corte, a altura mínima da primeira vagem deve ser de 10 a 12 cm, em solos de topografia plana e de 15 cm, em solos inclinados. De acordo com Ferreira Júnior et al. (2010), em solos relativamente planos e com utilização de colhedoras adequadas, pode-se efetuar a colheita eficientemente com a altura da primeira vagem em torno de 10 cm.

Altura de 1° legume nas 4 densidades de plantas, não foi problema em ambos espaçamentos entre linhas 0,25 m e 0,5m, com menores médias de altura 14,1 e 15,9 cm, não representariam perdas na colheita, pois colhedoras modernas possuem plataformas que realizam cortes a 10 cm.

**Tabela 5.** Altura do primeiro legume de plantas de soja em função do espaçamento entre linhas e densidade de plantas

Densidade de plantas (pl.ha <sup>-1</sup> )	Espaçamento (m)	
	0,25	0,50
<b>320.000</b>	14,1 bB	15,9 aB
<b>400.000</b>	15,1 aB	16,3 aB
<b>520.000</b>	15,2 bB	18,1 aA
<b>600.000</b>	17,1 aA	16,5 aB

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação ao número de legumes por planta, importante componente produtivo da soja, com o espaçamento de 0,50 m as maiores médias foram obtidas no tratamento com densidade de plantas de 320.000 pl.ha<sup>-1</sup> (54,6 legumes, tendo um número de 17.472.000,00 milhões por hectare) uma diferença de 30% a mais comparado as maiores médias no espaçamento reduzido. Com as maiores densidades de 520.000 e 600.000 pl.ha<sup>-1</sup>, no espaçamento entrelinhas de 0,50 m, foram constatadas as menores médias de números de vagens, 38,2 e 37,3, respectivamente. As maiores populações de plantas, combinadas com o espaçamento de 0,5 m, ocasionaram uma maior concentração de plantas por metro linear na linha de semeadura, o que prejudicou o número de legumes por planta. Fato esse amenizado, com o uso do espaçamento entrelinhas reduzido e conseqüentemente menor número de plantas na linha, proporcionando melhor distribuição e ocupação da área. Com o menor espaçamento, de 0,25 m, o tratamento de 600.000 pl.ha<sup>-1</sup> apresentou a maior média legumes por planta de (48,7 tendo um número de 29.220.000,00 milhões por hectare), não diferindo da densidade de 320.000 pl.ha<sup>-1</sup> com 45,8 (Tabela 6).

Comparando espaçamentos entre linhas, com a menor densidade (320.000 pl.ha<sup>-1</sup>) o maior espaçamento proporcionou maior média de legume por planta, porém com a densidade mais elevada (600.000 pl.ha<sup>-1</sup>) o espaçamento de 0,25 m ocasionou maior número de vagens por planta, o que proporcionaria por hectare uma diferença de 11.748.000,00 milhões de vagens a mais que combinação comentada anteriormente, relacionado à melhor distribuição das plantas e menor competição entre elas favorecendo a produção de vagens por planta (Tabela 6).

De acordo com Board et al. (1995) o número de vagens em soja é a característica mais responsiva das alterações causadas pelo estresse da competição por espécies concorrentes, enquanto que o número de grãos por vagem e a massa de cem grãos apresentam pequena amplitude de variação devido ao ambiente. Em trabalhos semelhantes foram relatados por Garcia (1992), Carpenter e Board (1997) e Peixoto (1998) que o número de legumes por planta variou inversamente à variação da densidade das plantas nas linhas, ou seja, a redução da densidade provocou aumento no número de legumes por planta.

Assim, a opção de diminuir o espaçamento entrelinhas e aumentar a distância entre as plantas na linha, proporcionando uma melhor distribuição e ocupação das plantas na área, constitui uma alternativa relevante para o aumento do número de plantas na área sem a diminuição do número de vagens por planta, combinação essa que irá contribuir para elevar a produtividade.

**Tabela 6:** Número médio de legumes por plantas de soja em função do espaçamento entre linhas e densidade de plantas

Densidade de plantas (pl.ha <sup>-1</sup> )	Espaçamento (m)	
	0,25	0,50
320.000	45,8 bA	54,6 aA
400.000	40,4 aB	45,2 aB
520.000	38,5 aB	38,2 aC
600.000	48,7 aA	37,3 bC

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação o uso de espaçamento reduzido entre linhas 0,25 m, proporcionou resultado de produtividade superior ao espaçamento de 0,5 m, convencionalmente utilizado nas lavouras de soja, acréscimo esse de 7,28% (Tabela 7). Ganho esse relevante, por se tratar de médias já elevadas em relação à agricultura nacional, com 0,5 m a produtividade média alcançada foi 5.646,3 kg ha<sup>-1</sup> já com o espaçamento reduzido, 0,25 m, a produtividade foi de 6.057,3 kg ha<sup>-1</sup>. Os patamares de produtividade do experimento se mostram elevados em detrimento à média nacional, assim todos os ganhos à cultura tornam-se relevantes, a média nacional de produtividade de soja nos últimos anos oscilou entre 2.800 a 3.400 kg ha<sup>-1</sup>, sendo na última safra 2017/18 de 3.394 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2018).

Segundo Pires et al. (1998) o fechamento mais rápido da entre linha em espaçamentos reduzidos, associado ao sistema de plantio direto, favorece a manutenção da água no solo e reduz a variação da temperatura. Em contrapartida, em espaçamentos maiores

as plantas de soja são sujeitas à maior interferência por plantas daninhas. Fávero et al. (2018), utilizando duas cultivares diferentes (NA 5909 RR e SYN 1059 RR), constataram que, para as populações de 210.000 e 440.000 plantas ha<sup>-1</sup>, o espaçamento reduzido (0,25 m) apresentou ganhos de produtividade.

Fontoura et al. (2006) sugeriram em seu trabalho que a redução do espaçamento entre linhas diminuiu o desfolhamento, e assim contribuiu para o rendimento de grãos em função do manejo.

**Tabela 7.** Produtividade de soja em função de espaçamentos entre linhas de semeadura

<b>Espaçamento (m)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
0,25	6057,3 a
0,50	5646,3 b

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

## 6 CONCLUSÃO

O maior número de plantas na linha de semeadura com o espaçamento 0,5 m em relação à 0,25 m ocasionou maior altura inicial e final de plantas de soja.

A distribuição das plantas na área com o uso de 0,25 m entre linhas proporcionou a manutenção do número médio de legumes por planta, mesmo com elevadas densidades de semeadura.

A semeadura com espaçamento entre linhas de 0,25 m resultou em maior produtividade em relação ao uso de 0,50 m, independente da densidade de plantas.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F.R. *et al.* Características agronômicas e produtivas da soja cultivada em plantio convencional e cruzado. **Revista de Agricultura**, v.91, n.1, p.81-91, 2016. Available from: <http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/181>. Accessed: May 13, 2016.
- BALBINOT JUNIOR, A.A. Acamamento de plantas na cultura da soja. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.25, n.1, p.40-43, 2011.
- BERBERT, R.P; HAMAWAKI, O.T. **Análise da plasticidade da cultura de soja em diferentes arranjos populacionais e diferentes espaçamentos entre linhas, 2008**. Tese (Graduação). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.
- BERGAMASCHI, H.; BARNI, N. A. Densidade de plantas e espaçamento entre linhas de soja: recomendações para o Rio Grande do Sul. **IPAGRO Informa**, n. 21, p. 57-62, out. 1978.
- BOARD, J.E.; WIER, A.T.; BOETHEL, D.J. Source strength influence on soybean formation during early and late reproductive development. **Crop Science**, v. 35, n. 4, p. 1104-1110, 1995.
- BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.6, p.1103- 1106, 1994.
- BOARD, J. E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B. G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: 1992. 84p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.
- BRASMAX, 2018. Disponível em: <http://brasmxgenetic.wpengine.com/cultivar-regiao-cerrado/?produto=258>. Acesso em 22 Junho, 2018.
- CALISKAN, S.; ARSLAN, M.; UREMIS, I.; CALISKAN, M. E. The effects of row spacing on yield and yield components of full season and double-cropped soybean. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.31, n.3, p.147-154, 2007.
- CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. *In*: CÂMARA, G.M.S. (ed.). **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ. p.81-119, 2000.

CARPENTER, A. C., BOARD, J. E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Science**, v. 37, n. 5, p.1520-1526, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**, oitavo levantamento, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acessado em 20 de junho de 2018.

COSTA, J. A. *et al.* Redução no espaçamento entre linhas e potencial de rendimento da soja. **Revista Plantio Direto**. Passo Fundo, p.22-28, 2002.

DAROISH, M.; HASSAN, Z.; AHAD, M. Influence os Planting Dates and Plant Densities on Photosynthesis Capacity, Grain and Biological Yeld of Soybean [*Glycine max (L.) Merr.*] *In* Karaj, Iran. **Journal of Agronomy**, v.4, n.3, p.230-237, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. XXVI, 1996. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.(ed). Rio de Janeiro. EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FÁVERO, F; MADALOSSO, T; ROY, J.M.T. Produtividade da soja em função da redução do espaçamento entre linhas. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 8, 2018, Cafelândia. **Anais** [...] Cafelândia: Embrapa, 2018.1081 p. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows/Downloads/CBSoja-2018.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2018.

FONTANA, D. C; ALVES, G. M; ROBERTI, D; MORAES, O. L. L; GERHARDT, A. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela cultura da soja através de dados do sensor Modis. **Bragantia**, v. 71, p. 563-571, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n.4, p.278-286, 2014.

FERREIRA JUNIOR, J. A.; ESPINDOLA, S. M. C. G.; GONÇALVES, D. A. R.; LOPES, E. W. Avaliação de genótipos de soja em diferentes épocas de plantio e densidade de semeadura no município de Uberaba - MG. **FAZU em Revista**, n.7, p. 13- 21, 2010.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. *In*: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., 1991, Piracicaba. **Anais** [...] Piracicaba: Fealq, 1992. p. 213-235.

HEIFFIG, S. L. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba (SP). 85 f. ESALQ/USP.

KUSS, R. C. R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja**. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

NAEVE S.L.; QUIRING S.R. **Influence of soybean row spacing and plant population on development and yield across planting dates in Minnesota**. University of Minnesota, Poster 5672, 2004.

PEIXOTO, C. P. *et al.* Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.

PETTER, F.A. *et al.* Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v.75, n.2, p.173-183, 2016.

PIRES, J. L. **Efeito da redução do espaçamento entre linhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes, em semeadura direta**. 1998. 94f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) . Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

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

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V, V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, CFSEMG/UFV. 359p, 1999.

RIBEIRO, A. B. M. *et al.* Productive performance of soybean cultivars grown in different plant densities. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 47, n. 7, p.1-8, 01 maio 2017.

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

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B.; ANDRADE, F. R. (2013). Desenvolvimento inicial de *Urochloa ruziziensis* e desempenho agrônomo da soja em diferentes arranjos espaciais no cerrado Mato-Grossense. **Bragantia**, v. 72, p. 146-153.

TOURINO, C. C. M.; REZENDE, M. P.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v 37, n.8,ago. 2002.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.

VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.2, p.195-199,1999.

ZABOT, L. **Caracterização agrônômica de cultivares transgênicas de soja cultivadas no Rio Grande do Sul**. 2009. 280 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.