

## Respostas de soja a diferentes arranjos de plantas nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

## **DOCUMENTOS 379**

# Respostas de soja a diferentes arranjos de plantas nas regiões Centro-oeste e Norte do Brasil

*André Ferreira Pereira  
Alessandro Guerra da Silva  
Leonardo José Motta Campos  
Sebastião Pedro da Silva Neto*

Exemplar desta publicação disponível gratuitamente no link: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br>

**Embrapa Cerrados**  
BR 020, Km 18, Rod. Brasília / Fortaleza  
Caixa Postal 08223  
CEP 73310-970, Planaltina, DF  
Fone: (61) 3388-9898  
Fax: (61) 3388-9879  
[embrapa.br/cerrados](http://embrapa.br/cerrados)  
[embrapa.br/fale-conosco/sac](http://embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações da Unidade

Presidente  
*Lineu Neiva Rodrigues*

Secretária-executiva  
*Alessandra Duarte de Oliveira*

Secretária  
*Alessandra S. G. Faleiro*

Membros  
*Alessandra Silva Gelape Faleiro; Alexandre Specht; Edson Eyji Sano; Fábio Gelape Faleiro; Gustavo José Braga; Jussara Flores de Oliveira Arbues; Kleberson Worsley Souza; Maria Madalena Rinaldi; Shirley da Luz Soares Araujo*

Supervisão editorial e revisão de texto  
*Jussara Flores de Oliveira Arbues*

Normalização bibliográfica  
*Shirley da Luz Soares Araújo*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Leila Sandra Gomes Alencar*

Foto da capa  
*Fabiano Bastos*

**1ª edição**  
1ª impressão (2021): tiragem 30 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Cerrados

---

R434 Respostas de soja a diferentes arranjos de plantas nas regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil / André Ferreira Pereira... [et al.]. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2021.

38 p. (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111, ISSN online 2176-5081, 379).

1. Glycine soja. 2. Produtividade. 3. Cerrado. I. Pereira, André Ferreira. II. Embrapa Cerrados. III. Série.

CDD (21 ed.) 633.3409817

## Autores

### **André Ferreira Pereira**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF

### **Alessandro Guerra da Silva**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor da Universidade de Rio Verde, Rio Verde, GO

### **Leonardo José Motta Campos**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Biologia Vegetal, pesquisador da Embrapa Soja, Palmas, TO

### **Sebastião Pedro da Silva Neto**

Engenheiro-agrônomo, Ph.D. em Biotecnologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Cerrados, Planaltina, DF



## Apresentação

Atualmente, 62,3% da soja brasileira é produzida em áreas localizadas no Bioma Cerrado. Esse percentual tende a chegar a 80% em poucos anos, haja vista as previsões de crescimento da área de soja que se darão nessa região. Estimativas da Conab de março de 2021 apontam que o Brasil plantou 38,5 milhões de hectares da leguminosa, com um volume de produção estimada em 135,1 milhões de toneladas. Dessa produção recorde, mais de 80 milhões de toneladas serão colhidas na região do Cerrado, compreendida pelos estados de Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul, Bahia, Minas Gerais, Maranhão, Tocantins, Piauí, Rondônia, Pará e no Distrito Federal. Nas últimas quatro décadas, a Embrapa desenvolveu inúmeros trabalhos de pesquisa, que contribuem para o setor produtivo brasileiro.

Para que a produtividade brasileira continue evoluindo, a forma como as plantas são dispostas na área, ou seja, o arranjo espacial de plantas, influencia diretamente nos resultados de produtividade das lavouras. Nesse aspecto, vários trabalhos foram conduzidos dentro da pesquisa coordenada pela Embrapa Soja intitulada “Novos sistemas de semeadura e arranjos de plantas para aumento da produtividade e sustentabilidade da cultura da soja” já foi concluída e encontrou respostas para alguns dos modelos de arranjos produtivos de soja que estão sendo testados por produtores. A pesquisa foi realizada em todo o Brasil e contou com a participação de diversas Unidades da Embrapa, além de parceria com universidades do País.

Esse arranjo é definido pela densidade de semeadura (plantas por hectare), pelo espaçamento entre as fileiras e pela uniformidade de distribuição de plantas dentro dessas fileiras. O uso de cultivares de soja com tipo indeterminado e com arquitetura compacta de plantas tem aumentado nos últimos

anos, estimulando a avaliação de arranjos alternativos, como a semeadura cruzada, a fileira dupla e o espaçamento reduzido.

Os estudos indicam que o arranjo que apresenta melhor resultados para soja de crescimento indeterminado é o de espaçamento entre 40 e 50 cm de distância entre as linhas. Assim, as decisões sobre o melhor arranjo irão depender da cultivar selecionada, da região de semeadura e da época de semeadura.

Acreditamos que as informações aqui contidas trazem resultados que auxiliarão os produtores e técnicos nas reflexões sobre decisões sobre arranjos de plantas de soja.

*Sebastião Pedro da Silva Neto*  
Chefe-Geral da Embrapa Cerrados

## Sumário

Introdução.....	9
Estado de Goiás.....	14
Estado do Tocantins .....	21
Primeiras considerações .....	21
Estudos de semeadura cruzada e variações de população na safra 2012/2013 .....	22
Estudos com arranjos de plantas de soja em fileira dupla e semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido, nas safras de 2013/2014 e 2014/2015 .....	25
Distrito Federal .....	26
Considerações finais .....	34
Referências .....	35

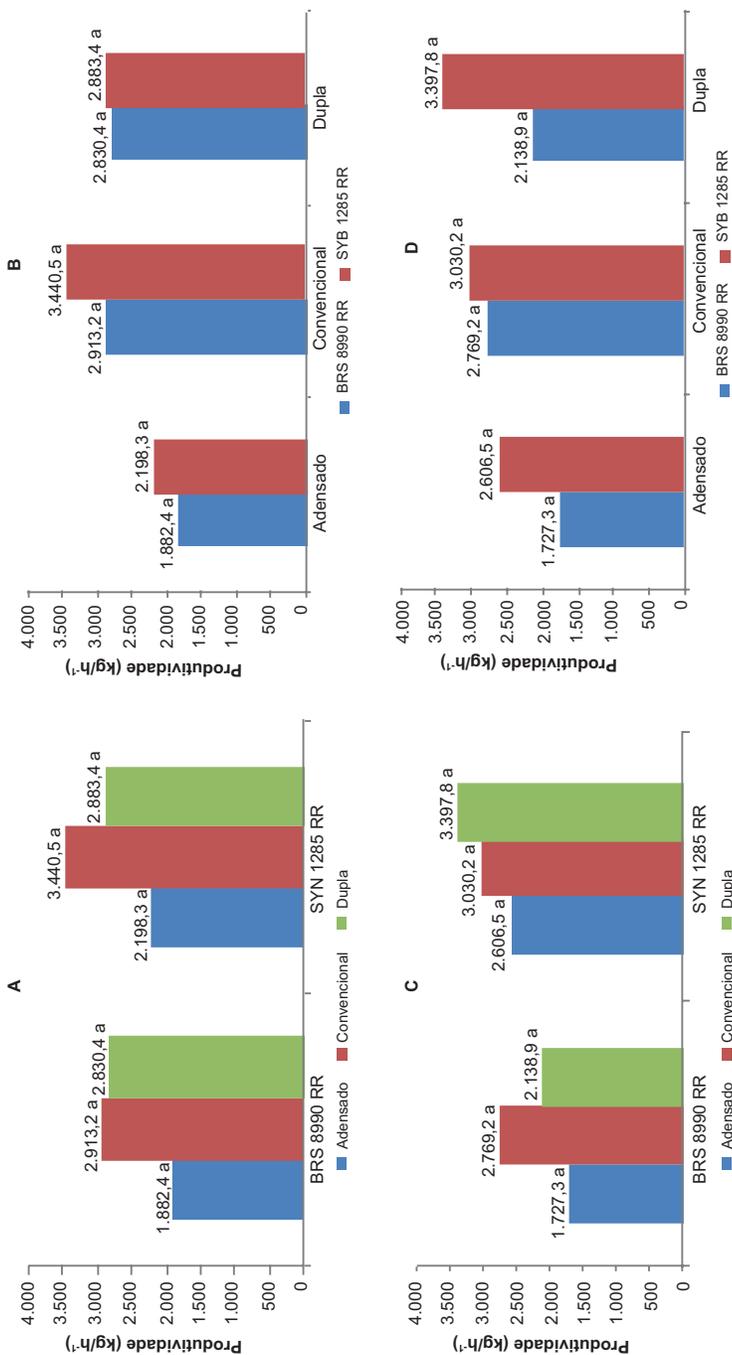


## Introdução

No Cerrado do Brasil, particularmente nas regiões Centro-Oeste e Norte, o cultivo de soja aumentou significativamente nas últimas décadas. Porém, devido à restrição na abertura de novas áreas, os produtores têm buscado alternativas para otimizar os sistemas de produção agrícola. Neste cenário, a adoção de diferentes sistemas de semeadura da cultura da soja, com uso de novos implementos agrícolas, tem sido utilizada como estratégia para maximizar o lucro nas áreas de cultivo da oleaginosa nessas regiões.

Uma das tecnologias que vem despertado o interesse dos agricultores refere-se à mudança no arranjo de plantas na semeadura da cultura da soja. Este termo está relacionado à combinação do espaçamento entre linhas e a distribuição das plantas na linha de semeadura e baseia-se no controle da competição interespecífica e intraespecífica das plantas por recursos ambientais como água, luz, nutrientes e espaço físico, além de ocasionar mudanças morfofisiológicas com impacto na produtividade, como na altura (Komori et al., 2004), no número de ramificações de vagens por planta e no número de grãos por vagem (Tourino et al., 2002).

No cultivo de soja, os agricultores da região do Cerrado têm adotado o espaçamento entre linhas de 0,40 m a 0,50 m, com populações para a BRS Sambaíba RR e TMG 1188 RR variando entre 200 mil e 400 mil plantas por hectare (Figura 1). Porém, alguns produtores têm modificado esse sistema padrão de semeadura pela adoção de diferentes arranjos espaciais para a população de plantas. Isso tem proporcionado alterações morfológicas no dossel das plantas, na luz interceptada pelas folhas, no acamamento de plantas e no manejo de plantas daninhas, pragas e doenças na cultura (Parcianello et al., 2004; Heiffig et al., 2006; Knebel et al., 2006; Mauad et al., 2010; Silva et al., 2010). Além disso, as modificações nos arranjos podem aumentar ou diminuir a competição intraespecífica das plantas, influenciando a produtividade de grãos (Komatsu et al., 2010; Roese et al., 2012; Souza et al., 2016).



Continua...

**Figura 1.** Produtividade de grãos das cultivares BRS 8990RR e SYN 1285 RR, em Pedro Afonso, TO (A e B) e Palmas, TO (C e D), respectivamente, na safra agrícola 2013/2014, e das cultivares BRS Sambaíba RR e TMG 1188 RR, em Guarai, TO (E e F) e Porto Nacional, TO (G e H), respectivamente, na safra agrícola 2014/2015, em três tipos de arranjo de plantas: tradicional (0,50 m entre linhas), reduzido (0,25 m entre linhas) e fileiras duplas (0,25 m x 0,5 m entre linhas). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

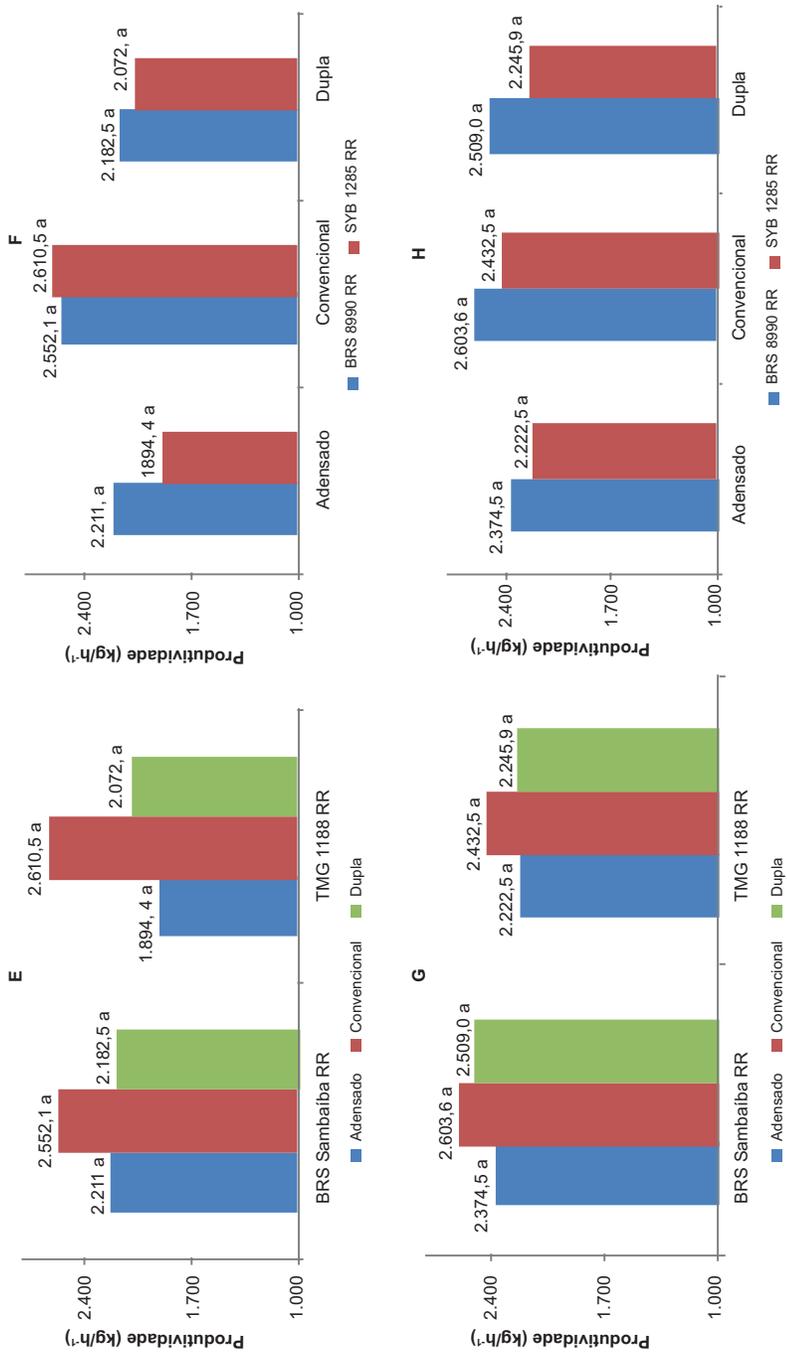
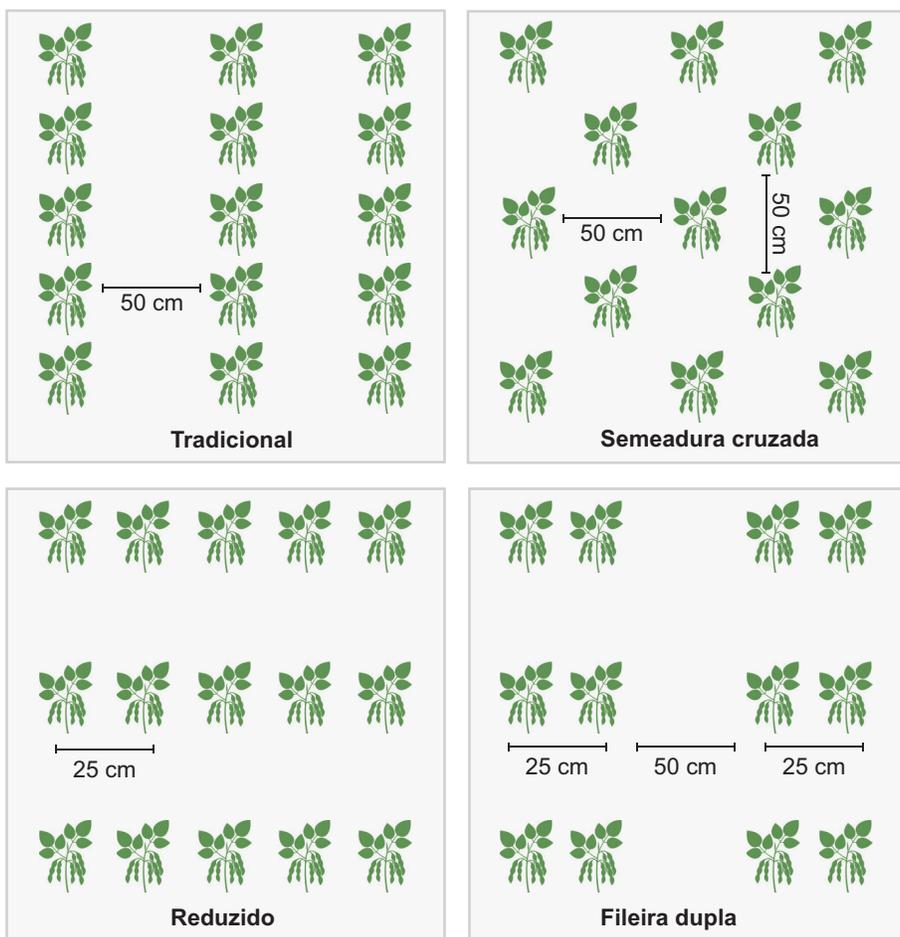


Figura 1. Continuação.

Um desses arranjos é o sistema de semeadura cruzada, que é caracterizado pela realização de uma segunda passada da semeadora na área, em sentido perpendicular à primeira (Figura 2). O Comitê Estratégico Soja Brasil (Comitê Estratégico... 2015) verificou que alguns ganhadores de concursos de produtividade de soja utilizaram este sistema de semeadura, levando a crer que essa tecnologia poderia proporcionar aumentos de produtividade. Contudo, trabalhos de pesquisa com variações de população com adoção desse sistema de semeadura não têm chegado a um consenso quanto aos aumentos de produtividade (Rambo et al., 2003; Procópio et al., 2013).



**Figura 2.** Tipos de arranjos de plantas de soja, com alteração na distribuição das plantas e mantendo a mesma população de plantas.

Outro sistema de semeadura, com diferente forma de arranjar as plantas, que vem sendo testado na cultura da soja é o reduzido, caracterizado pela diminuição do espaçamento entre as linhas de semeadura, a qual passa de 0,50 m para 0,25 m entre as fileiras, mantendo a mesma população de plantas (Figura 2). Já a semeadura em fileiras duplas é aquela em que existem dois espaçamentos entre as linhas de semeadura, um com 0,25 m e outros maiores, múltiplos deste, com 0,50 m ou 0,75 m (Figura 2).

As mudanças no arranjo de plantas para o cultivo de soja, como a redução do espaçamento entre as linhas, têm se constituído em prática potencialmente promissora para aumentos de produtividade (Rambo et al., 2002). Além de reduzir perdas de água do solo por evaporação (Caliskan et al., 2007), esse sistema proporciona maior interceptação de luz no início do desenvolvimento das plantas (Dalley et al., 2004).

O estudo do comportamento da soja em diferentes arranjos se faz necessário pois os componentes de produtividade da cultura podem variar conforme o sistema de semeadura e o ambiente de cultivo. Além disto, as cultivares divergem quanto à plasticidade fenotípica (Bianchi et al., 2010; Madalosso et al., 2010; Mauad et al., 2010; Silva et al., 2010). Mesmo com a capacidade de as plantas de soja se adaptarem às condições de manejo, o uso de espaçamentos mais estreitos promove o fechamento rápido das entre linhas, ocasionando o sombreamento antecipado da lavoura, aumentando assim a competição intraespecífica (Knebel et al., 2006; Kuss et al., 2008; Sediyaama et al., 2009; Madalosso et al., 2010). Por outro lado, a adequação do arranjo de plantas, com maior equidade de distribuição de plantas na área, melhora o aproveitamento de água e nutrientes do solo pelas raízes (Rambo et al., 2003; Guimarães et al., 2008).

Recentemente, a adoção de novos arranjos de plantas nas lavouras de soja, como os espaçamentos reduzidos, fileiras duplas e semeadura cruzada, tem sido considerada um fator que contribui no aumento da produtividade de grãos (Rambo et al., 2003; Bianchi et al., 2010; Procópio et al., 2014; Balbinot Júnior et al., 2015). Diante do comportamento diferenciado de cultivares de soja nas regiões produtoras do Brasil e o lançamento de novas cultivares, com tipo de crescimento indeterminado, faz-se necessário o desenvolvimento de mais ensaios a campo, com o intuito de avaliar o seu comportamento nos diversos arranjos de plantas.

A seguir são apresentados os resultados de pesquisa com arranjo de plantas, realizados em algumas das principais regiões produtoras de soja nos Cerrados das regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil. O objetivo foi analisar o desenvolvimento de diferentes cultivares de soja cultivada em arranjos de plantas com o uso de espaçamentos entre linhas tradicional, reduzido, cruzado e de fileiras duplas (Figura 2).

## Estado de Goiás

A redefinição do arranjo de plantas, pela diminuição do espaçamento entrelinhas, aliado ao acréscimo da população de plantas, pode ser uma estratégia para que o produtor aumente a rentabilidade do cultivo de soja, sem, contudo, ter elevação nos custos de produção (Pereira et al., 2008). Devido ao aumento contínuo de cultivares de soja adaptadas ao cultivo no Cerrado brasileiro, há a necessidade de avaliação dos possíveis efeitos das modificações no arranjo de plantas, dos sistemas de semeadura na cultura e se essas modificações proporcionam aumentos na produtividade de grãos.

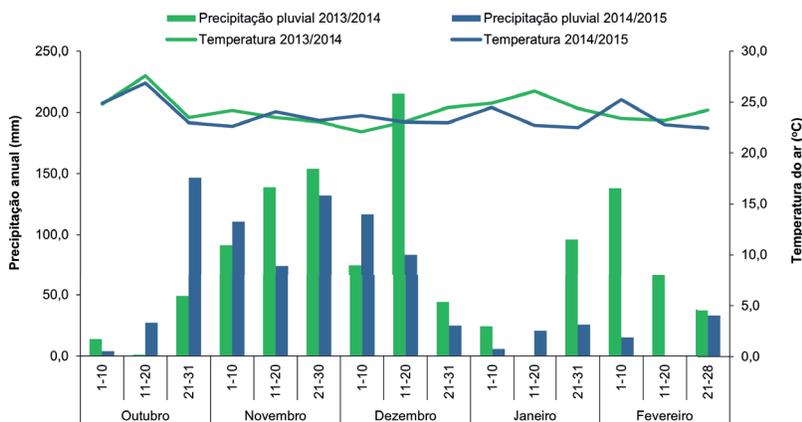
As cultivares de soja de tipo de crescimento determinado foram predominantes nas lavouras do Brasil na década passada, existindo, ainda, cultivares que têm boa aceitação pelos produtores. Essas cultivares se caracterizam por atingirem até 90% da altura e matéria seca no estágio  $R_2$  (florescimento pleno) não apresentando crescimento vegetativo após o início da fase reprodutiva (Sediyama, 2009).

Devido ao aumento do cultivo de cultivares de soja de tipo de crescimento indeterminado em Goiás, há a necessidade de se avaliar as alterações que os arranjos de plantas ocasionam na produtividade de grãos. Desse modo, os trabalhos objetivaram-se a avaliar a produtividade de grãos das cultivares de soja BMX Potência RR e Anta 82 RR, de crescimento indeterminado e semideterminado, respectivamente, em diferentes sistemas de semeadura e população de plantas.

Foram implantados ensaios nas safras agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial 4x2 com quatro repetições, correspondendo a quatro sistemas de semeadura da soja (1-Tradicional: 0,50 m de espaçamento entrelinhas; 2-Reduzido: 0,25 m de

espaçamento entrelinha; 3-Fileiras Duplas: 0,25 m/0,75 m–0,25 m de espaçamento entre as fileiras duplas, espaçadas de 0,75 m; e 4-Cruzado: espaçamento de 0,50 m de entrelinhas na primeira passada e também no sentido perpendicular à primeira semeadura associado a duas populações de plantas (recomendada para a região e para a época de semeadura; e acréscimo de 33%, para facilitar a implantação mecanizada do trabalho ) das cultivares BMX Potência RR (450.000 e 598.500 plantas por hectare) e Anta 82 RR (500 mil e 665 mil plantas por hectare), cujos grupos de maturidade relativa são 6.7 e 7.4 para a região do sudoeste goiano, respectivamente. As parcelas continham 5,0 m de comprimento por 3,5 m de largura, sendo a área útil considerada com a escolha de 2,0 m de largura de linhas centrais e 3,0 m de comprimento, desconsiderando 1,0 m de cada lado, apresentando 6,0 m<sup>2</sup> para todos os sistemas de semeadura.

As cultivares foram analisadas isoladamente em função da diferença no grupo de maturidade relativa, que influencia no ciclo das plantas, e no tipo de crescimento. Nos 2 anos de avaliação, os ensaios foram instalados em novembro (13/11/2013 e 3/11/2014), época considerada tardia em relação à média da região, em função do atraso no estabelecimento do período chuvoso no município de Rio Verde, GO (Figura 3).



**Figura 3.** Valores de precipitação pluvial e temperatura média do ar durante a condução do ensaio de sistemas de semeadura e população de plantas nas safras 2013/2014 e 2014/2015, Rio Verde, GO.

Fonte: Estação meteorológica da Universidade de Rio Verde-UniRV/INMET, Rio Verde, GO.

A partir dos resultados obtidos com a BMX Potência RR foi possível constatar efeitos significativos para os sistemas de semeadura, em ambas as safras, e para população de plantas na safra 2013/2014 (Tabela 1). É evidente a performance superior dessa cultivar, em ambas as safras, quando cultivada na semeadura em espaçamento reduzido nas entrelinhas, bem como na maior população de plantas na safra 2013/2014 (Tabela 2). Convém ressaltar que, na segunda safra, o sistema reduzido proporcionou maior produtividade de grãos em relação aos sistemas de fileiras duplas e cruzado, no entanto, assemelhando ao sistema tradicional (espaçamento de 0,50 m).

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos da cultivar BMX Potência RR do ensaio de sistemas de semeadura e população de plantas nas safras 2013/2014 e 2014/2015, Rio Verde, GO.

Fonte de variação	Safr	
	2013/2014	2014/2015
Sistemas (S)	**	*
População (P)	**	ns
S x P	ns	ns
Coefficiente de variação (%)	7,7	8,9

\*\*; \*, ns: significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo Teste F.

**Tabela 2.** Valores médios de produtividade de grãos da cultivar BMX Potência RR em função dos sistemas de semeadura e população de plantas nas safras 2013/2014 e 2014/2015, Rio Verde, GO.

Tratamento	Safr		Média
	2013/2014	2014/2015	
Sistemas de Semeadura	kg ha <sup>-1</sup>		
Tradicional	2.196 b	2.562 ab	2.379
Reduzido	2.515 a	2.786 a	2.651
Fileiras duplas	2.243 b	2.432 b	2.338
Cruzado	2.215 b	2.466 b	2.341
População de plantas			
450 mil plantas/ha	2.081 b	2.617 a	2.349
598.500 plantas/ha	2.503 a	2.506 a	2.505

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

A maior produtividade de grãos no sistema reduzido da BMX Potência RR é atribuída a melhor distribuição de plantas na área, ou seja, ao aumento da distância entre plantas na linha de semeadura (diminuição da densidade de plantas na linha de semeadura). Isso resulta em menor competição pelos recursos ambientais, principalmente por luz nos estádios iniciais de desenvolvimento (Bruns, 2011; Procópio et al., 2014).

Além disto, o sistema reduzido possibilita à soja o fechamento foliar mais rápido das entrelinhas (Heiffig et al., 2006) em comparação aos sistemas tradicional e o de fileiras duplas. Esse fato favorece a proteção do solo contra os impactos da gota de chuva no solo, amenizando os problemas de erosão. Possibilita ainda o maior aproveitamento da calda de pulverização para aplicação de inseticidas, fungicidas e de adubos foliares, além de maior supressão das plantas daninhas nos estádios iniciais de desenvolvimento da soja (Nelson, 2007; Bianchi et al., 2010). Porém, devido ao fechamento antecipado das entrelinhas no sistema reduzido em relação ao sistema tradicional e de fileiras duplas, há um microclima mais favorável ao aparecimento de doenças. Com isso, há a necessidade da antecipação da aplicação de fungicidas (aplicação preventiva) para o controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachrhizie*) (Lima et al., 2012), doença que tem causado preocupação entre os produtores do Centro-Oeste nos últimos anos.

O uso de maior população de plantas da BMX Potência RR também proporcionou maior produtividade de grãos na primeira safra (Tabela 2). Isso é atribuído ao atraso na época de semeadura da cultivar, em função do estabelecimento do período chuvoso na região. Associado a esse fato, a arquitetura moderna da cultivar, caracterizada por plantas de porte mais compacto, folíolos mais afilados e com menor ângulo de inserção na haste principal, além de maior precocidade, ocasionaram o menor porte das plantas. Isso fez com que aumentos expressivos de produtividade de grãos com a BMX Potência fossem obtidos com o aumento da população de plantas, como observado por Edwards et al. (2005). Devido à antecipação da semeadura na segunda safra, não foi possível verificar efeitos da população de plantas na produtividade de grãos.

Ressalta-se que, em ambas as safras, os sistemas de semeadura da BMX Potência RR em fileiras duplas e o cruzado foram os que apresentaram produtividade de grãos semelhante ao sistema tradicional (espaçamento en-

trelinhas de 0,50 m) (Tabela 2). No primeiro sistema, há a necessidade de adaptação do maquinário para semeadura da soja. Já no sistema cruzado, há o aumento do tempo para implantação da cultura e a desuniformidade de distribuição de sementes, ocasionada pelo cruzamento das entrelinhas, que acarreta no revolvimento do solo já semeado e carregamento das sementes na interseção das linhas de semeadura. Também nesse sistema, há maiores revolvimento do solo e compactação do solo pela dupla passagem da semeadora (Rocha et al., 2018) e a dificuldade em realizar a deposição de sementes na segunda passada da semeadura na presença de palhada na superfície do solo. Portanto, esses fatos fazem com que os sistemas de semeadura de fileiras duplas e, principalmente, o cruzado sejam considerados inviáveis para o cultivo de soja com características semelhantes a da BMX Potência RR (Balbinot Junior et al., 2015; Silva et al., 2015), o que não foi constatado por Souza et al. (2016).

Em função das diferenças nas características morfofisiológicas e do ciclo das cultivares, podem-se constatar resultados diferenciados dos sistemas de semeadura e da população de plantas para a cultivar Anta 82 RR nas duas safras analisadas (Tabela 3). Interação significativa das fontes de variação somente foi verificada na primeira safra, sem significâncias na segunda safra.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos da cultivar Anta 82 RR do ensaio de sistemas de semeadura e população de plantas nas safras 2013/2014 e 2014/2015, Rio Verde, GO.

Fonte de variação	Safr	
	2013/2014	2014/2015
Sistemas (S)	**	ns
População (P)	ns	ns
S x P	*	ns
Coefficiente de variação (%)	5,2	7

\*\*; \*, ns: significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo Teste F.

Em 2013/2014, o único sistema de semeadura que apresentou diferença de produtividade de grãos entre as populações de plantas foi o de fileiras duplas, com maior valor na menor população de plantas (Tabela 4). Na mesma safra, o sistema cruzado proporcionou menor produtividade de grãos em ambas as populações de plantas da Anta 82 RR. Por outro lado, na menor população, destaca-se o maior valor obtido no sistema de fileiras duplas, seguido dos sistemas reduzido e tradicional. É importante destacar que o maior valor obtido

para o primeiro sistema se deve ao fato de que a maior distância entre as fileiras duplas (0,75 m) permite maior incidência de radiação no dossel (Bruns, 2011), favorecendo a atividade metabólica das plantas, além de melhorar a distribuição da calda de pulverização nos extratos inferiores das plantas.

**Tabela 4.** Valores médios de produtividade de grãos da cultivar Anta 82 RR em função dos sistemas de semeadura e população de plantas na safra 2013/2014, Rio Verde, GO.

Sistema de semeadura	População de plantas (plantas/ha)		Média
	500 mil	665 mil	
	..... kg ha <sup>-1</sup> .....		
Tradicional	1.889 Abc	1.971 Aa	1.930
Reduzido	2.031 Ab	1.962 Aa	1.997
Fileiras duplas	2.267 Aa	2.080 Ba	2.173
Cruzado	1.689 Ac	1.756 Ab	1.722

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

A ausência de diferenças significativas entre os sistemas tradicional, reduzido e de fileiras duplas na maior população de plantas na safra 2013/2014 (Tabela 4) pode ser justificado pela plasticidade fenotípica da Anta 82 RR, como destacado por Procópio et al. (2014). Provavelmente o aumento da população de plantas suprimiu ou mesmo pode ter reduzido a formação dos componentes de produtividade. Isso demonstra a capacidade de essa cultivar de se adaptar aos diferentes arranjos por meio de modificações morfológicas e de formação dos componentes de produtividade.

Semelhante ao observado para a BMX Potência RR, a maior produtividade da cultivar Anta 82 RR no sistema reduzido em relação ao cruzado, independente da população de plantas (Tabela 4), é atribuído a melhor equidistância das plantas na área pelo aumento da distância entre elas na linha de semeadura (diminuição da densidade de plantas na linha), favorecendo a maior incidência de radiação no dossel no início do desenvolvimento da cultura (Dalley et al., 2004; Edwards et al., 2005).

Assim, o sistema de fileiras duplas, por proporcionar maior incidência de radiação entre as fileiras duplas, e o reduzido, pela melhor equidistância das plantas, para a cultivar Anta 82 RR, proporcionaram menor competição por luz na linha de semeadura no início do desenvolvimento das plantas (Bruns, 2011; Procópio et al., 2014), favorecendo a obtenção de maiores produtividades de grãos.

A ausência de significância para os sistemas de semeadura e populações de plantas na safra 2014/2015 para produtividade de grãos da Anta 82 RR (Tabela 5) é atribuída à semeadura mais cedo, bem como à plasticidade fenotípica da cultivar. Isto aumentou o período de desenvolvimento vegetativo das plantas e, conseqüentemente, favoreceu a formação dos componentes de produtividade de grãos (Ferreira Junior et al., 2010; Procópio et al., 2014), não contribuindo para obtenção de diferenças significativas entre os tratamentos.

**Tabela 5.** Valores médios de produtividade de grãos da cultivar Anta 82 RR em função dos sistemas semeadura e população de plantas na safra 2014/2015, Rio Verde, GO.

Sistema de semeadura	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Tradicional	2.397 a
Reduzido	2.469 a
Fileiras duplas	2.221 a
Cruzado	1.958 a
500 mil plantas/ha	2.239 a
665 mil plantas/ha	2.284 a

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

Esperava-se que houvesse acréscimo de produtividade de grãos com o incremento da população de plantas no sistema cruzado, devido à redução da densidade de plantas nos dois sentidos de semeadura, porém isto não foi constatado em ambas as safras. A partir das desvantagens apresentadas anteriormente do sistema cruzado, fica evidente a inviabilidade de sua adoção para ambas as cultivares, como constatado em outros trabalhos de pesquisa (Balbinot Junior et al., 2015; Silva et al., 2015), ao contrário do observado por Souza et al. (2016).

Portanto, acréscimos na produtividade de grãos no sistema reduzido são esperados em cultivares com características morfológicas e arquitetura de plantas modernas semelhantes à da BMX Potência RR. Isso se torna mais evidente quando a soja é implantada em condições que ocasionam redução do porte das plantas, ou seja, em semeaduras muito antecipadas ou muito além daquelas recomendadas para a região. Nessas condições, aumentos de produtividade com a cultivar Anta 82 RR são obtidos quando cultivada no sistema de fileiras duplas e 500 mil plantas/ha (menor população de plantas).

## Estado do Tocantins

### Primeiras considerações

O estado do Tocantins tem obtido destaque no Brasil pelo potencial de produção de grãos (Brasil, 2020). Faz parte da região Matopiba (região de interface entre os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), com produção de 4,2 milhões de toneladas de grãos, sendo a soja a principal cultura do estado. Este crescimento se deve à distribuição de chuvas, às terras planas favoráveis à mecanização da cultura e à localização estratégica no escoamento da produção, além da disponibilidade de terras a serem incorporadas aos sistemas de produção agrícola.

A produção de soja no Tocantins apresentou acréscimo de mais de 3 mil por cento em 20 anos, passando de 110,4 mil toneladas em 1999/2000 para 3.403 t em 2019/2020 (Conab, 2020). Grande parte deste crescimento ocorreu pelo avanço da agricultura em áreas de pastagem degradada, e, por isso, estima-se que o Tocantins assuma, em breve, um papel de destaque na produção agropecuária brasileira (Brasil, 2020).

O desenvolvimento de novas cultivares de soja, como as de tipo de crescimento indeterminado, de ciclo mais precoces (produção em 90 dias ou menos) e com arquitetura foliar mais ereta, aliado a técnicas de manejo mais aprimoradas, tem contribuído para aumentar a estabilidade da produção. Contudo, há a necessidade de se avaliar o comportamento dessas cultivares nos novos sistemas de cultivo no Tocantins, incluindo os sistemas de semeadura cruzada, em espaçamento entrelinhas reduzido e em fileiras duplas.

No estado, muitos produtores têm se questionado a respeito dos arranjos de plantas de soja, relatando diferentes respostas para produtividade. Portanto, ensaios de pesquisa a campo foram realizados para identificar os possíveis benefícios que esses sistemas de semeadura poderão proporcionar para a cultura da soja.

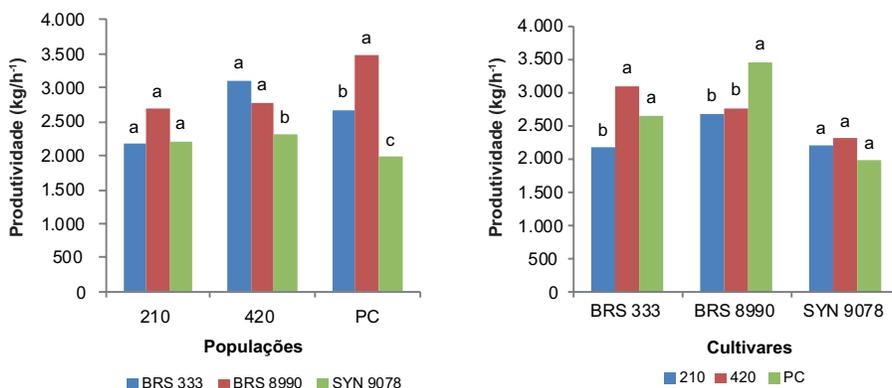
Os ensaios foram conduzidos por 3 anos em quatro locais no Tocantins, em delineamento de blocos casualizados, em faixas (estudos com semeadura cruzada, safra 2012/2013) ou em esquema fatorial (cultivares e tipos de ar-

ranjo, safras 2013/2014 e 2014/2015), com quatro repetições. As análises e testes de média foram realizados com o programa estatístico R e médias comparadas entre si por Tukey ( $p \leq 0,05$ ; R Core Team, 2020). A dimensão da parcela útil dos experimentos foi de 4 m x 1 m (4 m<sup>2</sup>).

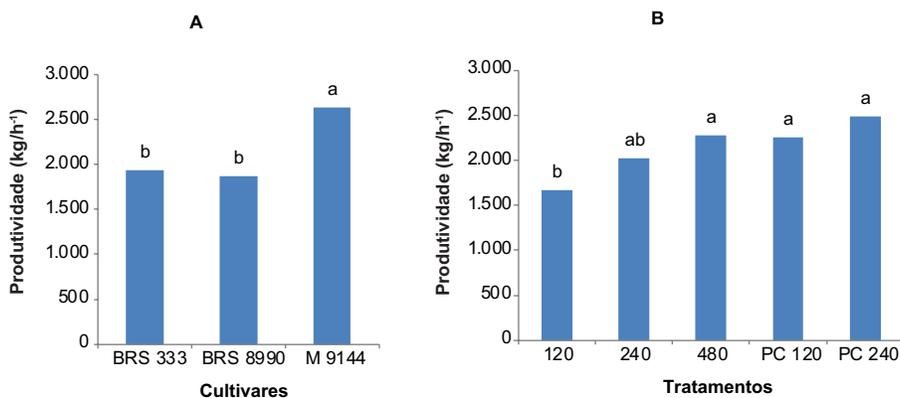
## **Estudos de semeadura cruzada e variações de população na safra 2012/2013**

Na safra 2012/2013, o efeito do sistema de semeadura cruzada foi avaliado em três municípios do Tocantins. Em Pedro Afonso, foram avaliadas as cultivares BRS 333RR e BRS 8990RR (tipo de crescimento determinado) e a SYN 9078 RR (tipo de crescimento indeterminado), em um Latossolo Vermelho, associado a dois arranjos espaciais: tradicional (0,50 m entrelinhas e populações de 210 mil e 420 mil plantas por hectare) e cruzado (0,50 m entrelinhas e população de 420 mil plantas por hectare). Em Guaraí, foi avaliado, em Neossolo Quartzarênico, o desenvolvimento de três cultivares de soja (M 9144 RR, BRS 333RR e BRS 8990RR; todas de crescimento determinado) nos sistemas de semeadura tradicional (0,50 m entrelinhas e populações de 120 mil, 240 mil e 480 mil plantas por hectare) e cruzado (0,50 m entrelinhas e populações de 120 mil e 240 mil plantas por hectare). Já em Palmas, as cultivares avaliadas foram as BRS 8990RR e SYN 9078, semeadas em Latossolo Vermelho Amarelo, nos sistemas tradicional (0,50 m entrelinhas e populações de 150 mil, 200 mil e 280 mil plantas por hectare) e cruzado (0,50 m entrelinhas e populações de 140 mil e 200 mil plantas por hectare).

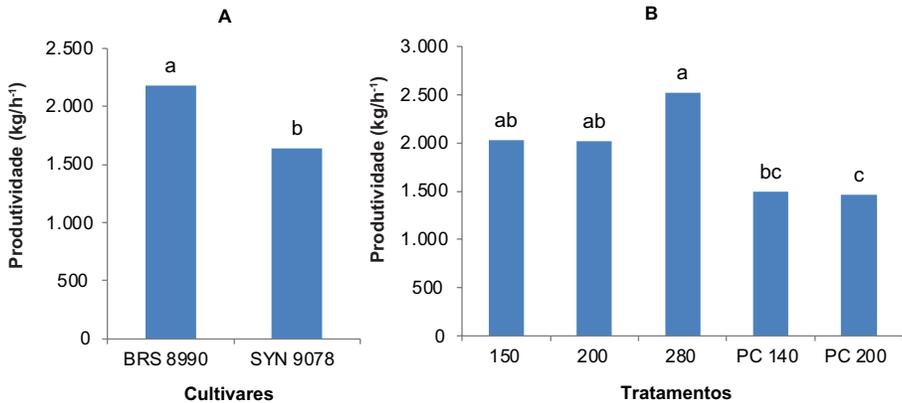
Nesta análise, as cultivares responderam de forma diferente aos arranjos testados. Em Pedro Afonso, houve interação entre cultivares e arranjos de plantas (Figura 4). Porém isso não ocorreu em Guaraí e Palmas (Figuras 5B e 6B, respectivamente). Em Pedro Afonso, a semeadura cruzada proporcionou elevação da produtividade nas cultivares BRS 333RR e BRS 8990RR quando comparada à semeadura com a população recomendada (210 mil plantas por hectare; Figura 4). Contudo, na cultivar SYN 9078, não houve alteração da produtividade com a semeadura cruzada. O aumento da população (de 210 mil para 420 mil plantas) não proporcionou aumentos de produtividade, com exceção da cultivar BRS 333RR em Pedro Afonso (Figura 4). Esse fato levanta a hipótese de que possam existir situações e cultivares em que a semeadura cruzada resulte em acréscimos de produtividade.



**Figura 4.** Produtividade de grãos das cultivares de soja BRS 333RR, BRS 8990RR e SYN 9078 RR em dois arranjos de plantas: fileira simples com populações de 210 mil e 420 mil plantas por hectare (210 e 420) e em semeadura cruzada com população de 420 mil plantas por hectare (PC), safra agrícola 2012/2013, Pedro Afonso, TO. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 5.** Produtividade de grãos das cultivares de soja BRS 333RR, BRS 8990RR e M 9144 RR em dois arranjos de plantas: fileiras simples (0,5 m de espaçamento) com populações de 120 mil, 240 mil e 480 mil plantas por hectare (120, 240 e 480) (A); e semeadura cruzada com populações de 120 mil e 240 mil plantas por hectare (PC 120 e PC 240) (B). Safra agrícola 2012/2013, Guarai, TO. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 6.** Produtividade de grãos de cultivares de soja BRS 8990RR e SYN 9078 RR em cinco arranjos de plantas (tradicional com populações de 150 mil, 200 mil e 280 mil plantas por hectare; 150, 200 e 280, respectivamente) (A); e semeadura cruzada com populações de 140 mil e 200 mil plantas por hectare – PC 140 e PC 200, respectivamente) (B). Safra agrícola 2012/2013, Palmas, TO. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As médias de produtividade das cultivares em Guaraí não se elevaram com a semeadura cruzada ou com o aumento de população (Figura 5). Entretanto, a produtividade foi reduzida com a população abaixo da recomendada (120 mil plantas por hectare). Não houve ganhos de produtividade pelo aumento da população no sistema cruzado (Figuras 5). Resultados semelhantes foram observados por Procópio et al. (2013) com cultivares de crescimento indeterminado em semeadura cruzada e tradicional em duas populações de plantas, nos quais, não encontraram diferenças significativas de produtividade na cultura da soja.

Em Palmas, variações de população entre 150 mil e 280 mil plantas por hectare não alteraram a produtividade. Nessa área, houve redução da produtividade na semeadura cruzada (Figura 6).

Torna-se importante destacar que, até o momento, assim como demonstrado para o estado de Goiás, não há dados científicos que comprovem uma maior produtividade de soja em semeadura cruzada, também no estado do Tocantins. Além disso, esse sistema eleva o gasto de insumos (sementes e combustível, por exemplo), o custo operacional e o tempo de implantação da cultura. Isso pode causar redução da área cultivada no período ideal de semeadura da soja, em virtude do aumento do tempo de semeadura pela segunda passada da semeadora para cobrir uma mesma área.

Como relatado anteriormente, a cultura da soja apresenta uma plasticidade fenotípica, ou seja, a planta de soja pode modular a atividade intensidade fotossintética e morfologia, em resposta aos fatores ambientais e às condições de manejo. A altitude, a latitude, a textura e a fertilidade do solo, a época de semeadura, a população de plantas e o espaçamento entrelinhas podem influenciar os componentes de produtividade (Heiffig, 2002). Endres (1996) notou que as variações de população de plantas de soja não afetam a produtividade de grãos, desde que se mantenha a distribuição uniforme de plantas na área. Já Komatsu et al. (2010) verificaram maior influência da população na morfologia das plantas do que na produtividade.

### **Estudos com arranjos de plantas de soja em fileira dupla e semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido, nas safras de 2013/2014 e 2014/2015**

Na safra 2013/2014, foram avaliadas as cultivares BRS 8990RR (crescimento determinado) e SYN 1285 RR (crescimento indeterminado) em Pedro Afonso, cultivado em Neossolo quartzarênico, e em Palmas em Latossolo Vermelho amarelo.

Na safra 2014/2015, foram avaliadas as cultivares BRS Sambaíba RR (crescimento determinado) e TMG 1188 RR (crescimento semideterminado) nos municípios de Guaraí e Porto Nacional, ambas cultivadas em solo Neossolo quartzarênico. Os cultivos foram realizados em sistema de semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido (0,25 m entrelinhas), fileiras duplas (0,25 m/0,50 m entrelinhas) e tradicional (0,50 m entrelinhas). As populações de plantas utilizadas para as cultivares BRS 8990RR e SYN 1285 foram 220 mil e 320 mil plantas por hectare, respectivamente e para as cultivares BRS Sambaíba RR e TMG 1188 RR foram 220 mil e 340 mil plantas por hectare, respectivamente. Avaliou-se a produtividade de grãos (Figura 1) das cultivares BRS 8990RR, SYN 1285, BRS Sambaíba RR e TMG 1188 RR.

Os resultados obtidos nas safras agrícolas 2013/2014 e 2014/2015 permitiram constatar que a produtividade de grãos no sistema de semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido e de fileiras duplas não diferiu do tradicional para as cultivares BRS 8990RR e SYN 1285 RR em Pedro Afonso e Palmas (Figuras 1A e 1C , respectivamente) e para a BRS Sambaíba RR e TMG 1188 RR em Guaraí e Porto Nacional (Figuras 1E e 1G , respectiva-

mente). Portanto, nas condições do presente estudo no estado do Tocantins, os sistemas de semeadura, nos diferentes arranjos de plantas, e o tipo de crescimento das cultivares (determinado e indeterminado) não influenciaram na produtividade de grãos.

A partir dos resultados obtidos, pode-se notar que, devido à plasticidade fenotípica das cultivares utilizadas, não foi possível constatar diferenças de produtividade de grãos na maior parte dos arranjos de plantas. Segundo Endres (1996), variações de população de soja não afetam a produtividade de grãos da soja desde que se mantenha a distribuição uniforme de plantas na área. Adicionalmente, Komatsu et al. (2010) verificaram maior influência da população de plantas na morfologia da soja em relação à produtividade de grãos, demonstrando também a plasticidade fenotípica da cultura. Outros trabalhos de pesquisa têm constatado variações de respostas de produtividade aos arranjos e populações de plantas de soja (Endres, 1996; Komatsu et al., 2010; Procópio et al., 2014). Nos ensaios realizados no Tocantins, não foi possível observar efeitos consistentes na produtividade de grãos.

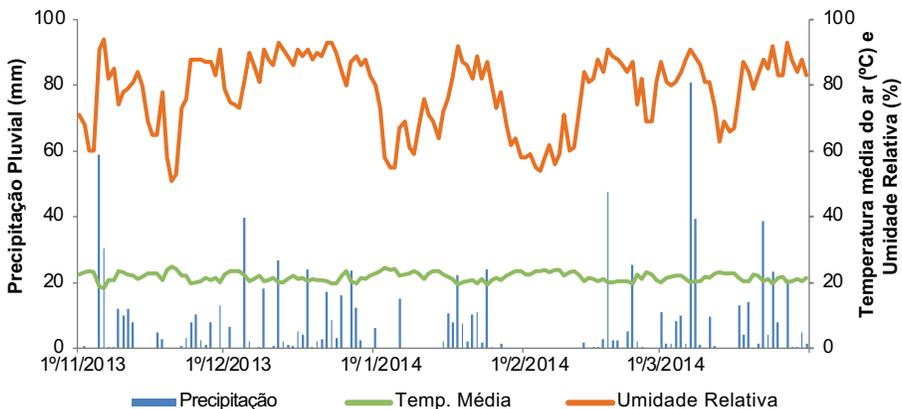
Muitas variáveis podem determinar a produtividade e as respostas morfofisiológicas da soja aos arranjos testados. Algumas destas, como fertilidade, frequência de chuvas e intensidade de luz, poderiam influenciar a produtividade nos diferentes arranjos. Assim, no estado do Tocantins, sugere-se a continuidade das avaliações de diferentes arranjos além daquele já comumente empregados pelos produtores da região (espaçamento entrelinhas de 0,50 m). Isto se torna importante principalmente para cultivares de soja de crescimento indeterminado, de ciclo precoce e com arquitetura ereta, que apresentam maior potencial de resposta a aumentos de produtividade em função do aprimoramento dos arranjos de plantas.

## Distrito Federal

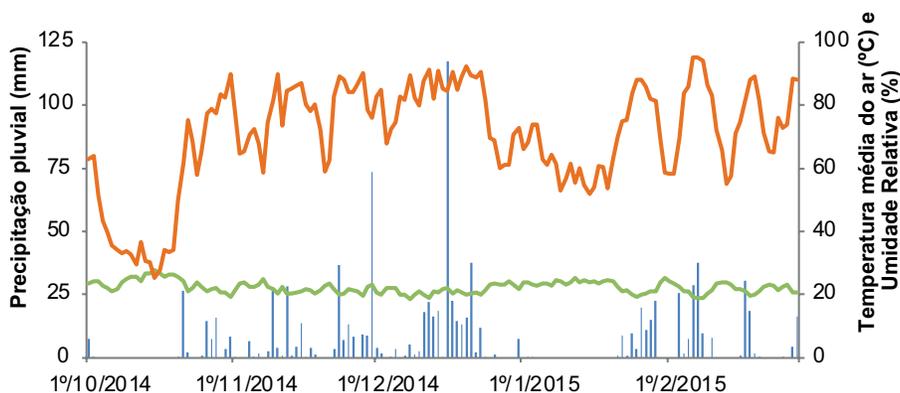
No Distrito Federal, os ensaios de arranjo de plantas envolveram as cultivares de soja BRS 7380RR (crescimento indeterminado e grupo de maturidade relativa 7.3 com ciclo médio de 106 dias), BRS 8180RR (crescimento determinado e grupo de maturidade relativa 8.1 com ciclo médio de 115 dias) e BRS 8280RR (crescimento determinado e grupo de maturidade relativa 8.2 com ciclo médio de 120 dias), que, devido a diversidade de características, apresentaram diferenças de desenvolvimento no campo.

Os ensaios foram conduzidos em Planaltina, DF, no delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições em duas épocas de semeadura: 6 e 19 de novembro na safra agrícola 2013/2014; e 27 de outubro e 18 de novembro na safra 2014/2015. Foram utilizados os sistemas de semeadura com adoção do espaçamento entrelinhas de 0,50 m (tradicional); 0,25 m de entrelinhas (reduzido); 0,50 m x 0,50 m (cruzado) e 0,25 m/0,75 m (fileiras duplas). Em todos os sistemas, utilizou-se população de plantas de 360 mil plantas por hectare.

Avaliou-se a produtividade de grãos, sendo os dados previamente testados para normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias (teste F) e posteriormente realização da análise de variância. Nas duas safras agrícolas, os ensaios foram conduzidos em área com irrigação por aspersão por pivô central e, nos momentos de déficit hídrico (fenômeno comum na região, denominado veranico), foram realizadas irrigações suplementares (Figuras 7 e 8). A irrigação foi definida com base em tensiômetros instalados nas parcelas a 20 cm de profundidade, quando estes apresentavam leitura maior que 45 cbar. A lâmina suplementar média aplicada foi de 66 mm ao longo do ciclo da cultura. Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho foram obtidos na estação climatológica principal da Embrapa Cerrados, localizada na região administrativa de Planaltina, no Distrito Federal, com coordenadas geográficas de 15°35'30" de latitude Sul, 47°42'30" de longitude Oeste e altitude de 1.007 m.



**Figura 7.** Médias da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial no período de novembro de 2013 a março de 2014, Planaltina, DF



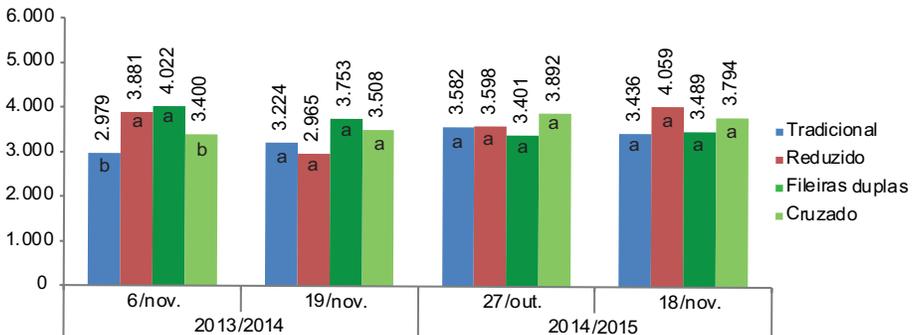
**Figura 8.** Médias da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluvial no período de outubro de 2014 a fevereiro de 2015, Planaltina, DF.

A partir dos resultados obtidos com a cultivar BRS 7380RR, foi possível constatar efeitos significativos para os sistemas de semeadura, na primeira época de semeadura, na safra 2013/2014 (Tabela 6). Essa cultivar, quando semeada nos sistemas em espaçamento entrelinhas reduzido e em fileiras duplas, proporcionou maior produtividade de grãos (Figura 9). Para a segunda época da safra 2013/2014 e nas duas épocas da safra 2014/2015, não foram verificadas diferenças significativas para os sistemas de semeadura.

**Tabela 6.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultivar BRS 7380RR, cultivada em duas safras agrícolas em duas épocas de semeadura em diferentes sistemas de semeadura, safra agrícola 2013/2014, Planaltina, DF.

Causa da variação	G.L.	Safras (quadrado médio)	
		2013/2014	2014/2015
Sistema (S)	3	833.159,05*	348.341,6
Época (E)	1	345.720,08	46.339,57
Interação SXE	3	540.139,92	152.100,1
Bloco	3	111.038,96	886.886,7
Resíduo	21	273.283,5	340.048,4
Total	31	-	-
C.V.		15,08	15,95
Média		3.466,24	3.656,36

\*\*; \*: significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo Teste F.



**Figura 9.** Produtividade de grãos da cultivar de soja BRS 7380RR em quatro sistemas de semeadura, 0,50 m (tradicional), 0,25 m de entrelinhas (reduzido), 0,50 m x 0,50 m (cruzado) e 0,25 m/0,75 m (fileiras duplas). Safras agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, Planaltina, DF. (Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

Os efeitos observados na primeira época de semeadura, safra 2013/2014, são justificados pela compensação nos componentes de produtividades da cultivar utilizada. Isso é atribuído à plasticidade fenotípica da cultivar BRS 7380RR, influenciada pela temperatura, luz e precipitação no desenvolvimento das plantas na região de Planaltina, DF.

A maior produtividade de grãos nos sistemas de semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido e fileira dupla da BRS 7380RR é atribuído a melhor distribuição de plantas na área, que favorece a menor competição pelos recursos ambientais, principalmente por luz nos estádios iniciais de desenvolvimento (Bruns, 2011; Procópio et al., 2014).

Os resultados da primeira época de semeadura para a safra 2013/2014 indicam que houve superioridade dos sistemas de semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido e fileira dupla em relação aos demais, fato que pode ser explicado por uma possível melhoria do aproveitamento da radiação solar nas fases iniciais do desenvolvimento da planta de soja, proporcionando maior índice de área foliar (IAF) e aumento do número de inflorescência, proporcionando maior produtividade de grãos, conforme já relatado por diversos autores (Board, 2000; Rambo et al., 2002; Dalley et al., 2004; Balbinot Junior et al., 2013).

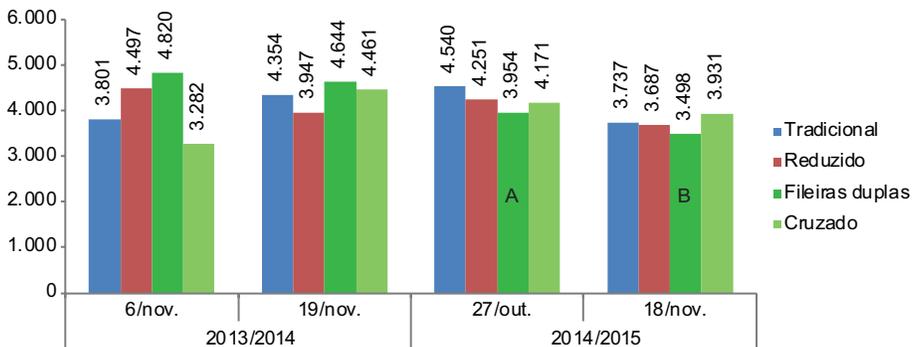
Com exceção da semeadura na primeira época (6/10) da safra 2013/2014, em que os sistemas de semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido e fileira dupla foram superiores. Nos demais casos, os sistemas de semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido, fileiras duplas e o cruzado apresentaram produtividade de grãos semelhante ao sistema tradicional (espaçamento entrelinhas de 0,50 m). Nos dois primeiros sistemas, há a necessidade de adaptação do maquinário para semeadura da soja. Já no sistema cruzado, há o aumento do tempo para implantação da cultura e a desuniformidade de distribuição de sementes, ocasionada pelo cruzamento das entrelinhas, que acarreta no revolvimento das sementes na interseção das linhas de semeadura. No sistema cruzado, ainda há maiores revolvimento do solo e compactação do solo pela dupla passagem da semeadora (Rocha et al., 2018). E devido à segunda passada da semeadura, pode existir dificuldade de realizar a deposição de sementes, na presença de palhada na superfície do solo. Portanto, esses fatos fazem com que o sistema de semeadura cruzada seja considerado inviável para o cultivo de soja com características semelhantes à BRS 7380RR (Balbinot Junior et al., 2015; Silva et al., 2015).

A partir dos resultados obtidos com a cultivar BRS 8180RR, foi possível constatar efeitos significativos para época de semeadura, safra 2014/2015 (Tabela 7). Não foram verificadas diferenças para a produtividade de grãos nos diferentes sistemas de semeadura (Figura 10).

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultivar BRS 8180RR, cultivada em duas safras agrícolas (2013/2014 e 2014/2015) em duas épocas de semeadura em diferentes sistemas de semeadura, Planaltina, DF.

Causa da variação	G.L.	Safrá (quadrado médio)	
		2013/2014	2014/2015
Sistema (S)	3	1.076.756,48	251.617,24
Época (E)	1	505.540,26	2.125.432,30*
Interação SXE	3	1.183.840,13	109.657,94
Bloco	3	264.153,59	15.790,87
Resíduo	21	538.444,5	269.012,3
Total	31	-	-
C.V.		17,37	13,06
Média		4.225,67	3.971,05

\*\*; \*: significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo Teste F.



**Figura 10.** Produtividade de grãos da cultivar de soja BRS 8180RR em quatro sistemas de semeadura, 0,50 m (tradicional), 0,25 m de entrelinhas (reduzido), 0,50 m x 0,50 m (cruzado) e 0,25 m/0,75 m (fileiras duplas). Safras agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, Planaltina, DF. (Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade).

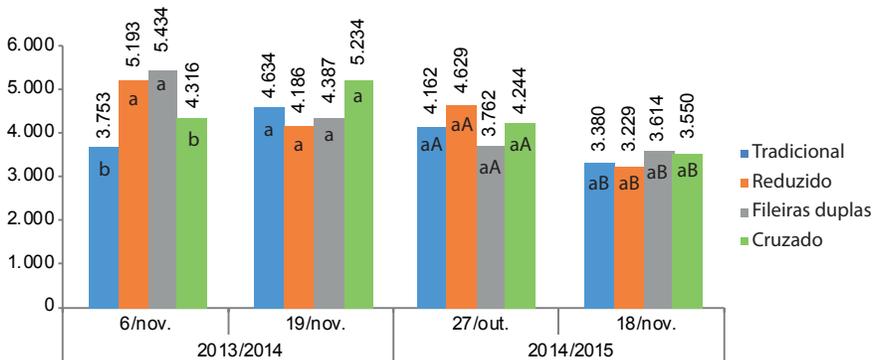
As características fenotípicas da cultivar BRS 8180RR possibilitaram o adequado desenvolvimento da população de plantas e obtenção de médias a altas produtividades de grãos nos diferentes sistemas de semeadura nos dois anos agrícolas, nas duas épocas de semeadura. Quando implantada mais cedo na safra 2014/2015, a oferta ambiental e as características da cultivar possibilitam a obtenção de produtividade média maior que o segundo momento de semeadura. Entre os sistemas de semeadura em cada época não foram verificadas diferenças. Deve-se considerar que o período juvenil mais longo dessa cultivar e outras cultivares com essa característica, que quando plantada mais cedo e em condições favoráveis, tem melhores condições para o maior crescimento de planta. Conseqüentemente pode ocorrer o desenvolvimento de maior número de nós produtivos, de flores, de vagens e de grãos, o que pode potencializar a elevação da produtividade.

A partir dos resultados obtidos com a variedade BRS 8280RR, foi verificado, na safra 2013/2014, diferenças significativas para os sistemas de implantação e a interação significativa entre sistemas de implantação e época de épocas de semeadura; não foi observado o efeito significativo para a produtividade de grãos. Já na safra 2014/2015, foi possível constatar efeito significativo para a produtividade de grãos conforme a época de plantio (Tabela 8). Na safra 2013/2014, foi verificada a interação significativa para a produtividade de grãos entre os diferentes sistemas de semeadura e as épocas de semeadura (Figura 11).

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância da produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) da cultivar BRS 8280RR, cultivada em duas safras agrícolas (2013/2014 e 2014/2015) em duas épocas de semeadura em diferentes sistemas de semeadura, Planaltina, DF.

Causa da variação	G.L.	Safrá (quadrado médio)	
		2013/2014	2014/2015
Sistema (S)	3	781.373,7*	100.265,24
Época (E)	1	32.349,5	4.573.656,46**
Interação SXE	3	2.473.708,26*	526.337,72
Bloco	3	2.764.753,7	1.546.749,44*
Resíduo	21	553.577,94	334.514,48
Total	31	--	--
C.V.		16,03	15,14
Média		4.642,27	3.821,3

\*\*; \*: significativo a 1% e a 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente pelo Teste F.



**Figura 11.** Produtividade de grãos da cultivar de soja BRS 8280RR em quatro sistemas de semeadura, 0,50 m (tradicional), 0,25 m de entrelinhas (reduzido), 0,50 m x 0,50 m (cruzado) e 0,25 m/0,75 m (fileiras duplas). Safras agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, Planaltina, DF.

A cultivar BRS 8280RR, quando plantada mais cedo (6/10), na safra 2013/2014, utilizando-se os sistemas de semeadura com espaçamento reduzido ou em fileiras duplas possibilitou a obtenção de maiores produtividades. Assim como na BRS 7380RR, o uso destes sistemas de semeadura favoreceu o bom desenvolvimento da cultivar BRS 8280RR. Da mesma forma que o verificado por Bruns (2011) e Procópio et al. (2014), que observaram que a

distribuição de plantas na área mais adequada favorece a menor competição nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta pelos recursos ambientais. Na safra 2014/2015, a semeadura na primeira época possibilitou a obtenção de maiores produtividades de grãos. Não foram verificadas diferenças entre os sistemas de semeadura.

De maneira geral, as produtividades médias das cultivares BRS 7380RR, BRS 8180RR e BRS 8280RR cultivadas em Planaltina, DF não foram influenciadas pelos sistemas de semeadura. A partir dos resultados obtidos, a época de semeadura exerceu maior influência na produtividade em relação aos sistemas de semeadura (arranjos de plantas) para as cultivares testadas. Isso demonstra a importância da necessidade de se avaliar o comportamento das cultivares nas diferentes épocas de semeadura em cada região de cultivo.

Nos 2 anos agrícolas, a adoção do sistema de semeadura cruzado não permitiu ganhos significativos de produtividade em relação ao sistema tradicional. Além disto, o sistema de semeadura cruzada não proporcionou acréscimos de produtividade para as cultivares avaliadas em Planaltina, DF. Pelo contrário, as produtividades de grãos na primeira época de semeadura e no primeiro ano de avaliação foram semelhantes às obtidas no sistema tradicional e inferiores às dos sistemas de semeadura em espaçamento entrelinhas reduzido e em fileiras duplas.

Ressalta-se também que o sistema de semeadura cruzada, além das vantagens já apresentadas nos relatos dos estados de Goiás e Tocantins, pode afetar alguns atributos de qualidade de solo, como a maior compactação superficial e subsuperficial, devido ao maior número de passadas dos rodados e também pelo atrito dos discos de corte nos sulcos abertos. Pode ocorrer ainda, em condição de alta umidade, o espelhamento do sulco de semeadura, dificultando a penetração das raízes da soja na fase inicial de desenvolvimento das plântulas.

No entanto, os sistemas de semeadura com uso de espaçamento reduzido (0,25 m de entrelinhas) e em fileira dupla apresentaram potencial de uso nas condições de execução do trabalho. No primeiro ano e na primeira época de semeadura, foi verificado aumento de produtividade para as cultivares BRS 7380RR e BRS 8280RR em comparação ao sistema tradicional. Isso comprova o potencial desse sistema para uso na região de Planaltina, DF quando se antecipa a época de semeadura da soja.

## Considerações finais

Pelos resultados obtidos em condições de Cerrado nos estados de Goiás, Tocantins e no Distrito Federal, observou-se aumento de produtividade de grãos de soja em resposta a determinados arranjos de plantas (reduzido e fileiras duplas). O desempenho diferenciado das cultivares, em função do local, do arranjo de plantas e épocas de semeadura, comprova a plasticidade fenotípica da cultura e, por isso, a ausência de respostas para alguns casos.

Devido à mudança na morfologia das novas cultivares de soja lançadas recentemente para cultivo em condições de Cerrado, foi possível constatar o potencial de adoção do sistema de semeadura reduzido e o de fileiras duplas nos estados avaliados. Cultivares de ciclo mais precoce, com menores tamanho de folíolos e de ângulo de inserção foliar, associadas ao cultivo em condições que desfavoreçam o desenvolvimento vegetativo, como antecipação ou atraso na época de semeadura, podem favorecer a redução do espaçamento entrelinhas ou até mesmo proporcionar aumento na população de plantas. No entanto, esse ambiente favorece o microclima para o aparecimento de doenças, o que pode ser contornados pela aplicação preventiva de fungicidas com ação protetora.

É importante ressaltar que o sistema de semeadura em fileiras duplas, quando utilizado no arranjo de 0,25 m/0,75 m, ocasiona atraso no fechamento do dossel entre as fileiras duplas, o que pode ser limitante para o manejo de ervas daninhas. Por outro lado, esse sistema proporciona melhor distribuição da calda de pulverização no dossel das plantas, o que torna importante no manejo de pragas e doenças na cultura da soja.

Destaca-se também que o sistema de semeadura cruzada não proporcionou acréscimos de produtividade de grãos para nenhuma das cultivares e regiões avaliadas, apesar do sistema não necessitar de ajustes na semeadora. Além disso, a semeadura cruzada requer maior tempo para implantação da cultura, pela segunda passada da semeadura, além de ocasionar maior revolvimento e arraste da palhada presente na superfície do solo, ocasionada pela segunda passada da semeadora, além de outras limitações. Portanto, o sistema não apresentou viabilidade técnica para uso nas condições testadas.

Desse modo, pode-se perceber que são muitas as variáveis que podem influenciar a produtividade de grãos e as respostas morfofisiológicas da soja nos diferentes arranjos de plantas. Algumas dessas, como fertilidade do solo, frequência de chuvas e intensidade de luz, conforme a região de cultivo, podem influenciar a produtividade de grãos nos diferentes sistemas de semeadura. Portanto, ainda não se pode descartar a hipótese de que algumas cultivares, poderiam responder, positivamente, às alterações de arranjos de semeadura.

Contudo, as limitações para modificação das semeadoras podem dificultar as avaliações de campo e uma possível adoção dos diferentes sistemas de semeadura por parte dos produtores. Por outro lado, essa situação poderá ser contornada com o desenvolvimento de novas plantadeiras pelas indústrias de máquinas agrícolas para cultivo de soja nas condições do Cerrado.

Novos estudos devem ser realizados, ampliando a base de resultados nas diferentes microrregiões sojícolas e com diferentes materiais genéticos, avaliando também aspectos relacionados a sanidade vegetal e controle de insetos praga, doenças e invasoras.

## Referências

BALBINOT JÚNIOR, A. A.; PROCOPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/2019 a 2028/2029**. Brasília, DF, 2020.

BRUNS, H. A. Comparisons of single-row and twin-row soybean production in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 3, p. 72-708, 2011.

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.

COMITÊ ESTRATÉGICO SOJA BRASIL – CESB, Disponível em: <http://www.cesbrasil.org.br/Resultados.aspx>. Acesso em: 23 fev. 2015.

CONAB. **Série histórica de área plantada**. Safras 1976/77 a 2019/20. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. Acesso em: 10 de jul. 2020.

- DALLEY, C. D.; KELLS, J. J.; RENNER, K. A. Effect of glyphosate application timing and row spacing on corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*) yields. **Weed Technology**, v. 18, n. 1, p. 165-176, 2004.
- EDWARDS, J. T.; PURCELL, L. C.; KARCHER, D. E. Soybean yield and biomass responses to increasing plant population among diverse maturity groups. **Crop Science**, v. 45, n. 5, p. 1778-1785, 2005.
- ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados, 1996. p. 82-85. (Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. Circular Técnica, 3).
- 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.
- GUIMARÃES, F. S.; REZENDE, P. M.; CASTRO, E. M.; CARVALHO, E. A.; ANDRADE, M. J. B.; CARVALHO, E. R. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 2008.
- HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 285-295, 2006.
- KNEBEL, J. L.; GUIMARÃES, V. F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J. R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agronômicos em soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 3, p. 385-392, 2006.
- KOMATSU, R. A.; GUADAGNIN, D. D.; BORGIO, M. A. Efeito do espaçamento de plantas sobre o comportamento de cultivares de soja de crescimento determinado. **Campo Digit@l**, v. 5, n. 1, p. 50-55, 2010.
- KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A. M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agronômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, p. 13-19, 2004.
- KUSS, R. C. R.; KONIG, O.; DUTRA, L. M. C.; BELLÉ, R. A.; ROGGIA, S.; STURMER, G. R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1133-1137, 2008.
- LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Biociencia Journal**, v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.
- MADALOSSO, M. G.; DOMINGUES, L. S.; DEBORTOLI, M. P.; LENZ, G.; BALARDIN, R. S. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicida no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em soja. **Ciência Rural**, v. 40, n. 11, p. 2256-2261, 2010.

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

NELSON, K. A. Glyphosate application timings in twin and single-row corn and soybean spacings. **Weed Technology**, v. 21, n. 1, p. 186-190, 2007.

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**, v. 34, n. 2, p. 357-364, 2004.

PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; ALBUQUERQUE, A. W.; SANTOS, J. R.; SILVA, E. T. da. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 69-74, 2008.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 56, n. 4, p. 319-325, 2013.

PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 212-221, 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, 2020. Disponível em: <http://www.r-project.org>. Acesso em: 10 de jul. 2020.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 405-411, 2003.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Rendimento de grãos da 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.

ROESE, A. D.; MELO, C. L. P.; GOULART, A. C. P. Espaçamento entrelinhas e severidade da ferrugem-asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 4, p. 300-305, 2012.

ROCHA, B. G. R.; AMARO, H. T. R.; PORTO, E. M. V.; GONÇALVES, C. C.; DAVID, A. M. S. S.; LOPES, E. B. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 376-384, 2018.

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

SILVA, L. S.; MOURA, M. C. C. L.; VALADARES, R. N.; SILVA, R. G.; SILVA, A. F. A. Seleção de variedades de soja em função da densidade de plantio, na microrregião de chapadinha, nordeste maranhense. **ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 6, n. 2, p. 7-14, 2010.

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

SOUZA, R.; TEIXEIRA, I.; REIS, E.; SILVA, A. Soybean morphophysiology and yield response to seeding systems and plant populations. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 76, n. 1, p. 3-8, 2016.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

**Embrapa**

---

**Cerrados**

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL