



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANDRÉ SAMPAIO FERREIRA

**ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E DENSIDADE DE
SEMEADURA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
CULTIVARES DE SOJA**

Londrina
2016

ANDRÉ SAMPAIO FERREIRA

**ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E DENSIDADE DE
SEMEADURA NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE
CULTIVARES DE SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli.
Coorientador: Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior.

Londrina
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F383e Ferreira, André Sampaio.
Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura no desempenho agrônômico de cultivares de soja / André Sampaio Ferreira. - Londrina, 2016.
89 f. : \b il.

Orientador: Claudemir Zucareli.
Coorientador: Alvadi Antonio Balbinot Junior.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

1. Soja \x Semeadura \x Densidade. 2. Soja - Produtividade. 3. Soybean - Seedtime - Density. 4. Soybean - Productivity. I. Ferreira, André Sampaio II. Zucareli., Claudemir. III. Balbinot Junior, Alvadi Antonio. IV. Título.

CDU 633.34

ANDRÉ SAMPAIO FERREIRA

**ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS E DENSIDADE DE SEMEADURA
NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DE CULTIVARES DE SOJA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. PhD. Jackson Kawakami
Universidade Estadual do Centro-Oeste -
UNICENTRO

Prof. Dr. Cássio Egidio Cavenaghi Prete
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 24 de fevereiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais Alvaro e Déborah, e irmãos Felipe e Francine, que sempre me apoiaram e enfrentaram muitas dificuldades para me proporcionar esta oportunidade.

A Marco Antonio e Eliane que me ajudaram e incentivaram em todas as situações.

À minha esposa Katerine que é minha amada, amiga e grande companheira.

Agradeço especialmente ao meu orientador Prof. Dr. Claudemir Zucareli que participou efetivamente na minha formação profissional e intelectual desde o início da graduação em Agronomia.

Ao Dr. Alvadi Antonio Balbinot Junior por ter me convidado a participar deste projeto de pesquisa, pela orientação no trabalho acadêmico, pelos ensinamentos agronômicos, e pela enorme dedicação e seriedade com as quais ele conduziu esta parceria.

A todos os docentes e funcionários do Programa de Pós Graduação em Agronomia da UEL.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos e Embrapa Soja pela parceria que viabilizou este estudo.

À toda equipe de Manejo do Solo e da Cultura da Embrapa Soja que de muitas maneiras contribuíram para a condução deste trabalho.

Gostaria de agradecer também aos colegas de curso, que me acompanharam nas disciplinas e nos experimentos, especialmente a Flávia Werner, que ao longo do curso se mostrou exímia Engenheira Agrônoma e grande amiga.

Aos alunos da graduação que deram fundamental contribuição para a condução dos experimentos: Roni Carlos Babolim, Uilliam Simionato, Antônio Coelho e Isabela Lima.

A todos, minha sincera gratidão.

FERREIRA, André Sampaio. **Espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura no desempenho agrônomico de cultivares de soja**. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

Recentes mudanças no sistema produtivo e nos genótipos de soja motivam a atualização das pesquisas com arranjo espacial de plantas. O arranjo espacial de plantas afeta a quantidade dos recursos ambientais disponíveis – água, luz e nutrientes – para cada planta e pode ser alterado pelo espaçamento entre fileiras e pela densidade de semeadura. Há carência de informações na literatura a respeito do desempenho produtivo e da participação dos ramos na produção de soja submetida aos espaçamentos: reduzido, fileiras duplas e cruzado. O objetivo foi avaliar o desempenho produtivo, os componentes de rendimento dos ramos e da haste, separadamente, a taxa de mortalidade e a participação dos ramos para a produção de grãos de duas cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado influenciadas por diferentes arranjos espaciais de plantas, por meio de alterações no espaçamento entre fileiras e densidade de plantas. O experimento foi realizado em Londrina-PR durante as safras 2013/14 e 2014/15 sob delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3 x 2, com 3 repetições. Os tratamentos foram: quatro espaçamentos entre fileiras (0,2 m; 0,2/0,8 m em fileiras duplas; 0,5 m e 0,5 m em semeadura cruzada); três densidades de semeadura (150, 300 e 450 mil sementes viáveis ha⁻¹) e duas cultivares (BMX Potência RR e BRS 359 RR). Avaliou-se a produtividade de grãos e o número de vagens por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos, porcentagem de vagens vazias, porcentagem da produção proveniente dos ramos, taxa de mortalidade de plantas e o índice de colheita aparente. Os componentes de rendimento e a porcentagem de vagens vazias foram avaliados separadamente na haste e nos ramos. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey. As cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR apresentam alta plasticidade fenotípica, permitindo grandes alterações no espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura sem grandes modificações na produtividade. Os espaçamentos reduzido, fileiras duplas e cruzado não favorecem o desempenho produtivo em relação ao tradicional para ambas cultivares. A semeadura cruzada prejudica o estabelecimento do estande e o reduzido quando associado a alta densidade favorece a mortalidade de plantas. A redução na densidade eleva o número de vagens por planta, em ambas cultivares. O índice de colheita não é influenciado pelo arranjo de plantas. Alterações nos componentes de rendimento da haste e dos ramos em função de arranjos espaciais, são variáveis entre as cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR. O espaçamento reduzido não favorece a produção de vagens e de grãos nos ramos, mesmo quando associado a baixa densidade. O número de grãos por vagem da haste e dos ramos não é alterado pelo arranjo de plantas. O aumento da densidade reduz o número de vagens por planta nos ramos em maior magnitude do que na haste principal e reduz a porcentagem de vagens vazias tanto em ramos quanto na haste principal quando ocorre déficit hídrico no período reprodutivo. A elevação na densidade resulta em maior massa de mil grãos, tanto nos ramos quanto na haste principal, no entanto este resultado é variável entre

safra. O aumento da densidade reduz a participação dos ramos na produção de grãos.

Palavras-chave: Espaçamento reduzido. Semeadura cruzada. Fileiras duplas. Arranjo espacial de plantas. Densidade de plantas.

FERREIRA, André Sampaio. **Row spacing and seeding rate on yielding performance of soybean cultivars**. 2016. 89 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

ABSTRACT

Recent changes in soybean production system motivates research update on plant spatial arrangement of the crop. Plant spatial arrangement affects ambiental resources – water, light and nutrients – available for each plant and can be modified by row spacing and seeding rate. This work aims to assess agronomic characteristics and the yield of two soybean cultivars with indeterminate growth habit in response to different plant spatial arrangement, by changing row spacing and seeding rate. A field experiment was conducted in Londrina-PR in 2013/14 and 2014/15 growing seasons, with randomized complete block design, in 4 x 3 x 2 factorial scheme, totaling 24 treatments with 3 replications. The treatments consists: four row spacing (0,2 m; 0,2/0,8 m in twin rows; 0,5 m; and 0,5 m in crossed rows); three seeding rates (150, 300 and 450 thousand viable seeds ha⁻¹) and two cultivars (BMX Potência RR and BRS 359 RR). It was assessed: number of pods per plant, number of grains per pod, thousand grains weight, percentage of empty pods, percentage of grain yield originating from branches, plant mortality and apparent harvest index. All the yield components and the empty pods percentage were assessed in the branches and the mainstem separately. Data were submitted to ANOVA and mean comparisons with Tukey test with 5% significance. BMX Potência RR and BRS 359 RR have high phenotypic plasticity, allowing large changes in row spacing and seeding rate without major changes in the yield. The narrow rows, twin rows and crossed rows spacings does not favors yielding performance compared to traditional spacing in both cultivars. Crossed rows damages stand establishment and the narrow rows when associated to high seeding rate favors plant mortality. Decreased seeding rates increases the number of pods per plant in both cultivars. Grains per pod and harvest index are not influenced by plant spatial arrangement. Changes in yield components of branches and mainstem in response to plant spatial arrangement are variable among the BMX Potência RR and BRS 359 RR cultivars. Narrow row spacing does not favor the production of pods and grains in the branches, even when associated with low seeding rates. The number of grains per pod originating from branches and mainstem is not changed by plant spatial arrangement. Increased seeding rate reduces the number of pods per plant in the branches in higher magnitude than in the mainstem. Increases in seeding rate reduces the empty pods percentage in the branches and the mainstem when drought stress occurs during reproductive stages. The increase in seeding rate results in higher thousand grains weight both in the branches and the mainstem, however this result is variable between growing seasons. Increased seeding rate reduces the participation of branches to total yield.

Key words: Narrow row. Crossed rows. Twin rows. Plant spatial arrangement. Plant density.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Área , produtividade e produção de soja no território nacional nos últimos 10 anos16
- Figura 2** – Produção de soja (milhões de toneladas) nas regiões brasileiras nos últimos 10 anos.....17

ARTIGO A – DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM RESPOSTA A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS

- Figura 3.1** – Precipitação pluvial (mm), temperaturas mínima, média e máxima do ar (°C) registradas na estação meteorológica da Embrapa Soja, por decêndio, durante o período de condução dos experimentos. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/15.44
- Figura 3.2** – Balanço hídrico climatológico sequencial (mm) de Thornthwaite e Mather, por decêndio, durante o período de condução dos experimentos. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/1545

ARTIGO B – CONTRIBUIÇÃO DOS RAMOS E DA HASTE NA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

- Figura 4.1** – Precipitação pluvial (mm), temperaturas mínima, média e máxima do ar (°C) registradas na estação meteorológica da Embrapa Soja, por decêndio, durante o período de condução dos experimentos. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/15.69
- Figura 4.2** – Balanço hídrico climatológico sequencial (mm) de Thornthwaite e Mather, por decêndio, durante o período de condução dos experimentos. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/1570

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A – DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM RESPOSTA A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS

Tabela 3.1 – Densidade de plantas no estágio V3 (mil plantas ha ⁻¹) (DP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (g) (M1000) e produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de cultivares de soja em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas. Londrina-PR, Safra 2013/14	48
Tabela 3.2 – Densidade de plantas no estágio V3 (mil plantas ha ⁻¹) (DP), taxa de mortalidade de plantas (%) (MORT), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (g) (M1000), índice de colheita aparente (ICA) e produtividade de grãos (kg ha ⁻¹) de cultivares de soja em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas. Londrina-PR, Safra 2014/15.....	50
Tabela 3.3 – Número de vagens por planta de soja em resposta às interações entre: cultivar e espaçamento entre fileiras, cultivar e densidade de semeadura e densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras. Londrina-PR, safra 2014/15	52
Tabela 3.4 – Massa de mil grãos (g) de soja influenciada pela interação entre cultivar e espaçamento entre fileiras. Londrina-PR safra 2013/14	53
Tabela 3.5 – Taxa de mortalidade de plantas de soja (%) influenciada pela interação entre espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura	55
Tabela 3.6 – Produtividade de soja (kg ha ⁻¹) influenciada pela interação entre cultivares e espaçamentos entre fileiras e entre cultivares e densidades de semeadura. Londrina-PR, safra 2013/14.	56

ARTIGO B – CONTRIBUIÇÃO DOS RAMOS E DA HASTE NA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

- Tabela 4.1** – Médias e quadrados médios das variáveis: densidade de plantas avaliada no estágio V3 de desenvolvimento da cultura (mil plantas ha⁻¹) (DP V3) e produção de grãos proveniente dos ramos (%) em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas (PPR). Londrina, PR, safras 2013/14 e 2014.....73
- Tabela 4.2** – Número de vagens por planta (NVP), porcentagem de vagens vazias (PVV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (M1000) oriundos da haste principal e dos ramos de cultivares de soja, em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas. Londrina, PR, safra 2013/14.....75
- Tabela 4.3** – Número de vagens por planta (NVP), porcentagem de vagens vazias (PVV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (M1000) oriundos da haste principal e dos ramos, em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas. Londrina, PR, safra 2014/1576
- Tabela 4.4** – Características agronômicas da soja influenciadas pela interação entre espaçamento entre fileiras e cultivar. Londrina-PR, safra 2013/1476
- Tabela 4.5** – Número de vagens por planta oriundas da haste principal influenciado pela interação entre cultivar e espaçamento entre fileiras. Londrina-PR, safra 2014/15.....76
- Tabela 4.6** – Características agronômicas da soja afetadas pela interação entre densidade de semeadura e cultivares. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/15.....77
- Tabela 4.7** – Número de vagens por planta oriundas dos ramos influenciado pela interação entre espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura. Londrina-PR, safra 2014/15.80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CESB	Comitê Estratégico Soja Brasil
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A CULTURA DA SOJA	15
2.1.1	Aspectos Gerais	15
2.1.2	Panorama Nacional	15
2.1.3	Fatores Ambientais Que Afetam a Produtividade	18
2.2	ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS	21
2.2.1	Espaçamento Entre Fileiras	21
2.2.2	Semeadura Cruzada	25
2.2.3	Fileiras Duplas	27
2.2.4	Densidade de Plantas	28
2.3	REFERÊNCIAS	31
3	ARTIGO A: DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM RESPOSTA A DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS	39
3.1	RESUMO E ABSTRACT	39
3.2	INTRODUÇÃO	40
3.3	MATERIAL E MÉTODOS	43
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
3.5	CONCLUSÕES	59
3.6	REFERÊNCIAS	60
4	ARTIGO B: CONTRIBUIÇÃO DOS RAMOS E DA HASTE NA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS	65
4.1	RESUMO E ABSTRACT	65
4.2	INTRODUÇÃO	66
4.3	MATERIAL E MÉTODOS	68
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
4.5	CONCLUSÕES	84

4.6	REFERÊNCIAS	85
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é cultivada em quase todas as regiões do território nacional, e apresenta grande importância no sistema de produção agrícola brasileiro e mundial. Nos últimos anos, a sojicultura nacional experimentou muitas mudanças no que diz respeito à utilização de novas tecnologias, como o uso do sistema de semeadura direta, o advento das cultivares transgênicas e a introdução de cultivares mais produtivos.

No melhoramento genético, a introdução de cultivares com tipo de crescimento indeterminado e maior precocidade do que as tradicionalmente adotadas (tipo de crescimento determinado e ciclo mais longo) tem trazido vários questionamentos quanto ao manejo da cultura da soja. Este fato tem ocorrido não apenas por essa característica, mas também pela nova arquitetura das plantas e pelos maiores potenciais de rendimento de grãos. Folíolos menores, com inclinação mais vertical e menor ramificação são características predominantes dessas cultivares em relação às cultivares tradicionalmente utilizadas e, que fazem com que a pesquisa tenha que rever ou atualizar o arranjo espacial de plantas na lavoura visando a expressão do potencial produtivo das mesmas.

Modificações no arranjo de plantas podem alterar a área e a forma da área disponível para cada planta, refletindo na competição intraespecífica por recursos ambientais e conseqüentemente no desenvolvimento e na produtividade de grãos. A alteração do arranjo das plantas de soja nas áreas agrícolas pode ser uma forma rápida e viável de aumento na média de rendimento de grãos nacional de soja, sem alterações na sustentabilidade dos sistemas de produção.

Novos arranjos espaciais de plantas de soja estão sendo formatados no Brasil e no exterior. O sistema de semeadura com espaçamento reduzido vem sendo estudado, com resultados promissores em termos econômicos e ambientais, não tendo evoluído no Brasil na mesma dimensão verificada em outros países, por limitações no maquinário agrícola disponível.

O sistema de semeadura em fileiras duplas é utilizado na cultura da soja por produtores dos Estados Unidos (EUA) incluindo o recordista mundial de produtividade de soja, um produtor do estado do Missouri. No entanto as condições de cultivo e manejo adotadas nos EUA são muito distantes da realidade brasileira. No Brasil surgiu nos últimos anos uma técnica denominada de semeadura cruzada.

1 O sistema conhecido como semeadura cruzada foi utilizado pelos ganhadores do
2 Desafio de Produtividade Nacional (safra 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012)
3 promovido pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB).

4 Além da forma como são distribuídas as linhas de semeadura,
5 também deve ser considerada pela pesquisa a busca pela densidade ótima de
6 plantas para cada cultivar e espaçamento entre fileiras, tendo em vista que esta é
7 capaz de alterar a morfologia das plantas. Adicionalmente, com o advento da
8 biotecnologia, o custo das sementes de soja tem crescido consideravelmente em
9 função da tecnologia agregada, que confere altas produtividades e mais facilidade
10 no controle de plantas daninhas e pragas. Com isso há uma tendência mundial para
11 redução na densidade de plantas visando obter altas produtividades com redução no
12 custo com sementes.

13 Diversos autores relatam a alta plasticidade fenotípica da soja em
14 relação às alterações no arranjo espacial de plantas, tal característica permite à
15 planta alterar sua morfologia e componentes de rendimento a fim de adequá-los às
16 condições imposta pelo ambiente. No entanto há pouca informação na literatura a
17 respeito das alterações na produtividade e nos componentes de rendimento
18 oriundos da haste e dos ramos, bem como da participação dos ramos para a
19 produção de grãos provocadas pela mudança no arranjo espacial de plantas em
20 cultivares utilizadas atualmente.

21 O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo, os
22 componentes de rendimento dos ramos e da haste, separadamente, a taxa de
23 mortalidade e a participação dos ramos para a produção de grãos de duas cultivares
24 de soja com tipo de crescimento indeterminado influenciadas por diferentes arranjos
25 espaciais de plantas de soja, por meio de alterações no espaçamento entre fileiras e
26 densidade de plantas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DA SOJA

2.1.1 Aspectos Gerais

A soja é uma dicotiledônea pertencente à família *Fabaceae*, cultivada pelos chineses há cerca de cinco mil anos e foi introduzida no Brasil no final do século XIX, tendo apresentado expressão significativa a partir do final da década de 40, do século passado (MARCOS FILHO; GODOY; CÂMARA, 1982). Atualmente a soja é cultivada em quase todas as regiões do território nacional, e apresenta grande importância no sistema de produção agrícola brasileiro e mundial (PROQUE; CASSUCE; SILVA, 2014).

A produção mundial de soja na safra 2014/2015 foi de aproximadamente 320 milhões de toneladas com destaque para os Estados Unidos com a maior produção, 108 milhões de toneladas. Brasil (95 milhões de toneladas), Argentina (60 milhões de toneladas) e China (13 milhões de toneladas), respectivamente, seguem os EUA na lista dos maiores produtores. A previsão para a safra 2015/2016 é de manutenção na produção mundial e aumento de 2,6% na produção brasileira (USDA, 2015).

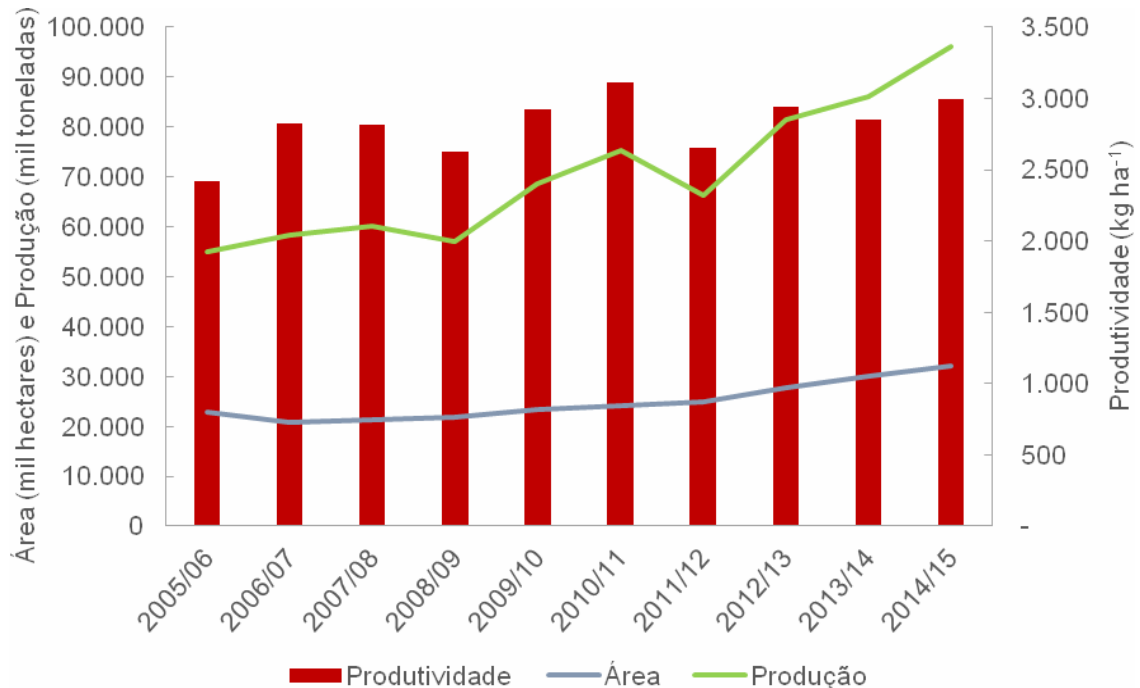
Na safra 2014/15 os EUA e Brasil foram responsáveis por 80% das exportações mundiais da oleaginosa, com aproximadamente 50 milhões de toneladas cada. Dentre os maiores consumidores, destaque para a China com consumo de 86 milhões de toneladas em 2014/2015, seguida por EUA, Brasil e Argentina com respectivamente, 55, 44 e 43 milhões de toneladas (USDA, 2015).

2.1.2 Panorama Nacional

No Brasil a cultura ocupa posição de destaque e apresenta-se como a mais importante em produção de grãos e em exportação. Segundo o décimo segundo levantamento da safra 2014/2015 realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015) a área cultivada foi de 32 milhões de hectares, que resultou em produção de aproximadamente 96 milhões de toneladas, 11,7% maior

1 que a produção da safra anterior. Nos últimos 10 anos a área e a produtividade de
 2 soja no Brasil cresceram aproximadamente 37% e 34%, respectivamente, resultando
 3 em um aumento de cerca de 84% na produção de grãos (Figura 1).

4
 5 **Figura 1** – Área, produtividade e produção de soja no Brasil, nos últimos 10 anos.



6
 7 **Fonte:** CONAB (2015).
 8

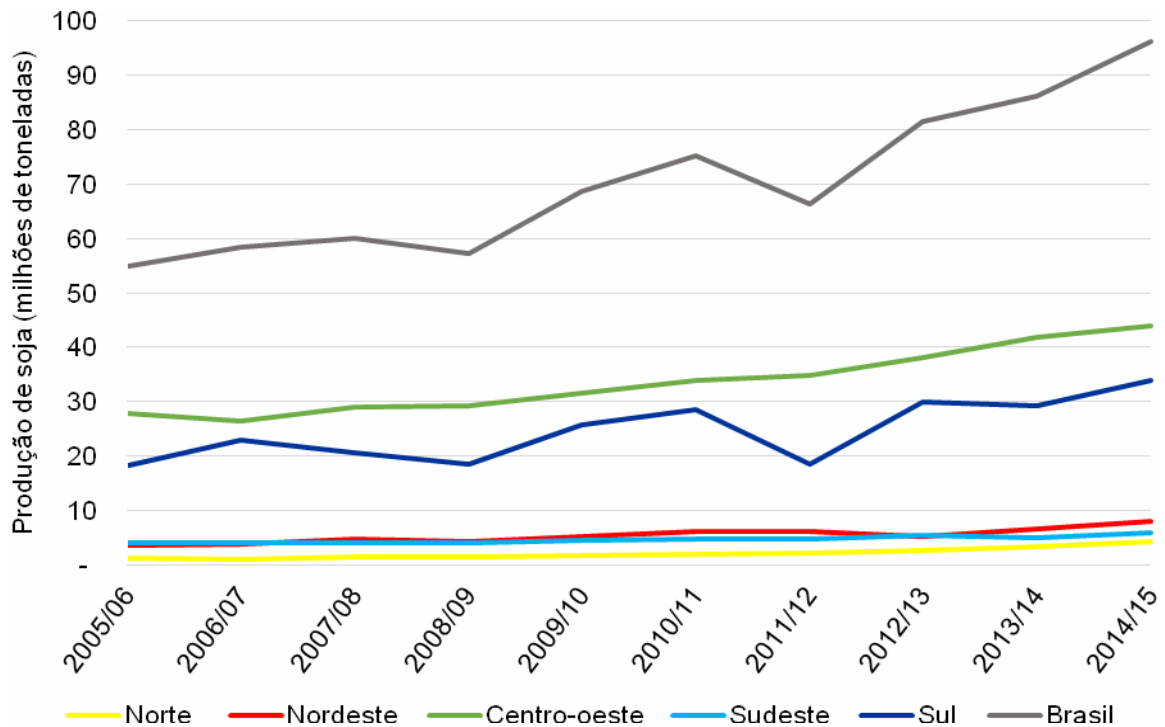
9 Durante os anos 80, o cultivo de soja liderou uma migração agrícola,
 10 saindo das tradicionais regiões de cultivo do Sul do país para o Brasil Central,
 11 sobretudo nos estados de Goiás e Mato Grosso. As condições climáticas nas
 12 grandes áreas do Cerrado Brasileiro, aliado às novas tecnologias de manejo da
 13 cultura, propiciaram a obtenção de altas produtividades, fixando a região centro-
 14 oeste como uma das principais regiões produtoras da oleaginosa (HORVAT;
 15 WATANABE; YAMAGUCHI, 2015).

16 Recentemente o cultivo da soja tem se expandido para uma nova
 17 fronteira agrícola chamada de MATOPIBA. Essa região, composta pelos estados do
 18 Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, desde os anos 2000, tem aumentado a área
 19 cultivada e volume colhido e se vem consolidando como uma das principais regiões
 20 produtoras de grãos no Brasil (BACHA; CARVALHO, 2014).

21 Atualmente a produção nacional de soja se concentra principalmente
 22 nas regiões centro-oeste e sul, sendo os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio

1 Grande do Sul, respectivamente, os estados com maior área plantada e produção.
 2 As regiões centro-oeste e sul foram responsáveis por aproximadamente 85% da
 3 produção de grãos de soja na safra safra 2014/15 (Figura 2). A média de
 4 produtividade nacional da última safra foi de aproximadamente 3.000 kg ha⁻¹.

6 **Figura 2** – Produção de soja nas regiões brasileiras nos últimos 10 anos.



7
 8 **Fonte:** CONAB (2015).

10 No Paraná a área cultivada com soja na safra 2014/2015 foi 4%
 11 maior do que na safra anterior, com aproximadamente 5,2 milhões de hectares, e
 12 produtividade média de 3.280 kg ha⁻¹ que resultou na produção de 17 milhões de
 13 toneladas de grãos, 14% a mais do que na safra 2013/2014 (CONAB, 2015).

14 Nos últimos anos a sojicultura nacional experimentou muitas
 15 mudanças no que diz respeito à utilização de novas tecnologias, como o uso do
 16 sistema de semeadura direta e o advento das cultivares transgênicas, além da
 17 introdução de cultivares mais produtivos. Entretanto, essas novas cultivares de soja
 18 apresentam tipo de crescimento, duração do ciclo e arquitetura de plantas diferentes
 19 das primeiras linhagens de soja introduzidas no Brasil, que juntamente com o
 20 aparecimento de novas pragas, plantas daninhas e doenças, demanda mudanças no
 21 sistema produtivo e manejo da cultura (PROCOPIO et al., 2013).

2.1.3 Fatores ambientais que afetam a produtividade

A produtividade das culturas é definida pela constituição do genótipo, pelas condições impostas pelo ambiente de cultivo e pela interação entre o genótipo e ambiente (G x A) (CARGNIN et al., 2006). As culturas tem um potencial máximo de produtividade definido pela genética. No entanto, o ambiente impõe uma série de limitações ao genótipo e, frequentemente, a produção é menor do que o potencial (MELGES; LOPES; OLIVA, 1989).

Os fatores ambientais que mais afetam a produtividade de uma cultura são: luz, água, temperatura e nutrientes. A utilização da luz é o processo mais importante para a produtividade porque é através da fotossíntese que a planta acumula matéria orgânica em seus tecidos (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001). Logo, para obtenção de altas produtividades é fundamental providenciar o melhor ambiente possível para o crescimento da soja, usando práticas de manejo que otimizem o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis.

Os componentes primários do rendimento da soja compreendem: número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa do grão (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005). O número de vagens por planta ou área é o componente mais importante quando se busca aumento no rendimento de grãos. Isto se deve a grande faixa de variação que pode ser obtida neste componente, em função do ambiente, o que garante parte da plasticidade fenotípica da soja (ROBINSON et al., 2009).

A quantidade de vagens é dependente da quantidade de flores produzidas e fixadas durante os estádios R1 a R5. O número de grãos por vagem é pouco variável entre diferentes situações de cultivo e a massa do grão apresenta valor característico de cada cultivar podendo variar com as condições ambientais e de manejo às quais a cultura seja submetida. O período de enchimento dos grãos, que se inicia no estágio R4, é o período mais crítico de desenvolvimento da planta quanto à determinação do rendimento de grãos. Estresses (umidade do solo, luz, deficiências nutricionais, geada, acamamento ou desfolha) ocorrendo a qualquer momento entre os estádios R4 a R6 reduzirá mais a produção do que a ocorrência do mesmo estresse em qualquer outro período do desenvolvimento (RITCHIE et al., 1994).

A disponibilidade da água é importante, principalmente, em dois

1 períodos de desenvolvimento da soja: germinação-emergência e floração-
2 enchimento de grãos. Durante o primeiro período, tanto o excesso como o déficit de
3 água são prejudiciais à obtenção de uma boa uniformidade na população de plantas.
4 A semente de soja necessita absorver, no mínimo, 50% de seu peso em água para
5 assegurar uma boa germinação. Nesta fase, o conteúdo de água no solo não deve
6 exceder a 85% do total de água disponível nem ser inferior a 50% (EMBRAPA,
7 2009).

8 A necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o
9 desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de
10 grãos (7 a 8 mm dia⁻¹), decrescendo após este período. Déficit hídricos
11 expressivos, durante a floração e enchimento de grãos, provocam alterações
12 morfofisiológicas na planta, como o fechamento estomático, o movimento
13 assimétrico do folíolo central e o enrolamento de folhas, causando graves prejuízos
14 à produtividade. O período entre a formação das vagens e enchimento dos grãos é
15 especialmente sensível ao estresse hídrico (RITCHIE, 1994).

16 A soja apresenta características peculiares na sua adaptação aos
17 diferentes locais de cultivo, especialmente na reação ao fotoperíodo e temperatura
18 do ar, que regulam a época da floração. Este aspecto é muito importante, pois
19 determina a duração do período vegetativo, período este que tem alta relação com a
20 produção de grãos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

21 Fotoperíodo e temperatura são importantes para o desenvolvimento
22 da cultura da soja, por provocarem mudanças qualitativas ao longo do seu ciclo.
23 As respostas a esses dois fatores não são lineares durante o ciclo de vida da cultura,
24 pois existem subperíodos em que ela é incapaz de perceber esses sinais. O
25 subperíodo vegetativo pode ser definido como pré-indutivo ou juvenil. Nesse
26 período, entre a emergência e a primeira folha verdadeira (estádio V1) as plantas de
27 soja são incapazes de perceber estímulo ao fotoperíodo (RODRIGUES et al., 2001).

28 A resposta da soja ao fotoperíodo é característica variável entre
29 cultivares, ou seja, cada cultivar possui seu fotoperíodo crítico, acima do qual o
30 florescimento é atrasado. Por isso, a soja é considerada planta de dia curto. Plantas
31 de dia curto são aquelas que florescem quando submetidas a fotoperíodos abaixo do
32 seu fotoperíodo crítico. Quando expostas a fotoperíodos maiores que o seu
33 fotoperíodo crítico, estas plantas crescem, mas não florescem.

34 Na cultura da soja, a sensibilidade fotoperiódica varia com o

1 genótipo (RODRIGUES, 2001), e o grau de resposta ao estímulo fotoperiódico é o
2 principal determinante da área de adaptação das diferentes cultivares (FARIAS;
3 NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007). Cultivares que apresentam período juvenil
4 longo possuem adaptabilidade mais ampla, possibilitando sua utilização em faixas
5 mais abrangentes de latitudes e épocas de semeadura (FARIAS; NEPOMUCENO;
6 NEUMAIER, 2007).

7 Assim como o fotoperíodo, a temperatura também é fator
8 determinante para a floração da cultura. O florescimento só é induzido quando
9 ocorrem temperaturas acima de 13 °C. As diferenças de data de floração, entre
10 anos, apresentadas por uma cultivar semeada em uma mesma época são devidas a
11 variações na temperatura (EMBRAPA, 2009). Assim a soja floresce antes do tempo
12 quando ocorrem altas temperaturas, o que pode acarretar diminuição na altura da
13 planta. Este problema pode ser agravado se, ao mesmo tempo, ocorrer insuficiência
14 hídrica e/ou fotoperiódica durante a fase de crescimento (RODRIGUES et al., 2001).

15 Portanto, o crescimento, o desenvolvimento e, conseqüentemente, o
16 rendimento de grãos resultam da interação entre a cultivar utilizada e os fatores do
17 meio, decorrente da sensibilidade ao fotoperíodo e temperatura (MUNDSTOCK;
18 THOMAS, 2005). Não menos importante é ajustar o ambiente e manejo cultural para
19 altos rendimentos, quando se tem cultivares de elevado potencial de produtividade
20 e adaptados à região de cultivo (GUBIANI, 2005).

21 Altas produtividades só são obtidas quando as condições ambientais
22 são favoráveis em todos os estádios de crescimento da soja. Porém, para que se
23 obtenham tais produtividades, é necessário conhecer práticas culturais compatíveis
24 com a produção econômica, aplicáveis para maximizar a taxa de acúmulo de matéria
25 seca nos grãos. As principais práticas culturais a serem consideradas visando o
26 melhor desenvolvimento da cultura são: escolha de cultivares bem adaptados às
27 regiões de cultivo, determinação adequada da época de semeadura, uso de
28 espaçamentos entre fileiras e densidade de plantas adequados à cada cultivar e
29 região, manejo da fertilidade do solo e da palhada, monitoramento e controle das
30 plantas daninhas, pragas e doenças, além da redução ao mínimo possível das
31 perdas na colheita (RITCHIE et al., 1994).

32

33

34

2.2 ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS

O arranjo de plantas pode ser modificado pela variação na população de plantas e pelo espaçamento entre linhas, alterando a área e a forma da área disponível para cada planta. Isto se reflete na competição intraespecífica, influenciando no rendimento de grãos da cultura (COX; CHERNEY, 2011; DE BRUIN; PEDERSEN, 2008; SILVA et al., 2015; THOMPSON et al., 2015; ZHOU; CHEN; OUYANG, 2015) e no aspecto fitossanitário, podendo alterar a ocorrência de doenças (LIMA et al., 2012), pragas (STÜRMER et al., 2014), plantas daninhas (BIANCHI et al., 2010) e a eficiência na aplicação de agroquímicos (HOLTZ et al., 2014).

Diversas pesquisas já foram direcionadas à mudança do arranjo de plantas, com a redução dos espaçamentos entre fileiras mantendo-se ou não a mesma população de plantas por unidade de área. Essas alterações no arranjo podem resultar em maiores rendimentos, devido ao aproveitamento mais eficiente da radiação solar, água e dos nutrientes, e menor infestação de plantas daninhas através do fechamento mais rápido do dossel (GUBIANI, 2005).

Os resultados positivos obtidos com os ajustes no arranjo de plantas das culturas estão associados, de acordo com Rambo et al. (2004) e Balbinot Jr. e Fleck (2005), a vários fatores, tais como: melhor uso da água, em razão do fechamento mais rápido do dossel e redução de perdas por evaporação; maior cobertura do solo; melhor distribuição horizontal de raízes; redução da competição intraespecífica; aumento do aproveitamento dos nutrientes presentes no solo; e maior interceptação da radiação solar pelas culturas.

2.2.1 Espaçamento entre Fileiras

Para Rambo et al. (2004), a redução do espaçamento entre fileiras, em uma mesma população de plantas, distribui melhor as plantas na área. Desta forma, reduz-se a competição intraespecífica, pela maior aproximação da equidistância entre as plantas dentro da mesma fileira e com as plantas de outras fileiras. Na mesma população ocorre maior competição entre plantas, devido ao sombreamento, em espaçamentos largos, onde as plantas estão mais próximas na fileira, do que em espaçamento estreitos, onde as plantas estão mais distantes

1 dentro da fileira.

2 Um dos objetivos da modificação no arranjo de plantas, pela
3 diminuição da distância entre as fileiras, é encurtar o tempo para a cultura interceptar
4 95% da radiação solar incidente, e com isso, incrementar a quantidade de luz
5 captada por unidade de área e de tempo (SHAW; WEBER, 1967). Wells (1991)
6 afirma que o rendimento máximo que pode ser alcançado pela cultura da soja é
7 determinado pela otimização da capacidade da planta de interceptar a radiação solar
8 durante os estádios vegetativo e reprodutivo iniciais. Segundo Board e Harville
9 (1994), a interceptação de luz pela comunidade de plantas é fundamental para o
10 desenvolvimento de gemas reprodutivas, armazenamento de fotoassimilados e
11 diminuição do abortamento de flores e de vagens.

12 Board et al. (1992) e Board e Harville (1996) relatam que o
13 incremento no rendimento de grãos da soja em espaçamento entre fileiras estreito
14 pode ser atribuído ao incremento da interceptação de luz durante o período vegetativo
15 e período reprodutivo inicial (R1 até logo após R5). Uma das consequências da
16 maior interceptação da radiação solar pela comunidade de plantas é maior assimilação
17 de CO₂ pelas folhas da porção inferior da planta, que normalmente não atingem seu
18 potencial fotossintético em razão do autossombreamento (PARCIANELLO et al.,
19 2004).

20 A redução do espaçamento entre fileiras tem resultado em
21 acréscimos no rendimento de grãos (DE BRUIN; PEDERSEN, 2008; PIRES;
22 COSTA; THOMAS, 1998; PIRES et al., 2000; THOMAS et al., 1998; UDOGUCHI;
23 MCCLOUD, 1987; ZHOU; CHEN; OUYANG, 2015), e estão associados a vários
24 fatores, como o melhor uso da água devido ao sombreamento mais rápido do solo
25 pelo dossel, melhor distribuição de raízes, maior habilidade na competição com
26 plantas daninhas, exploração uniforme da fertilidade do solo, e maior e mais rápida
27 interceptação da radiação solar.

28 Resultados de pesquisas tem mostrado que a redução do
29 espaçamento entre linhas pode incrementar a massa seca, o índice de área foliar
30 (IAF), reduzir a competição intraespecífica e, principalmente, possibilitar maior e
31 mais rápida interceptação da radiação solar, em virtude da melhor distribuição das
32 plantas na área, resultando em maior rendimento de grãos (COX; CHERNEY, 2011;
33 PIRES; COSTA; THOMAS, 1998, THOMAS; COSTA; PIRES., 1998; VENTIMIGLIA
34 et al., 1999). A matéria seca acumulada pela soja, por unidade de área, aumenta

1 com a diminuição do espaçamento entre linhas de 30 para 15 cm, quando a cultura
2 tem suas exigências nutricionais adequadamente supridas (UDOGUCHI;
3 MCCLOUD, 1987).

4 Trabalhos realizados com redução no espaçamento entre fileiras de
5 100 a 17 cm, mostraram acréscimo de até 40% no rendimento de grãos da soja
6 (BULLOCK et al., 1998; HERBERT; LITCHFIELD, 1982; PIRES; COSTA; THOMAS,
7 1998; THOMAS; COSTA; PIRES, 1998; VENTIMIGLIA et al., 1999). Entretanto,
8 outros autores relataram não ter encontrado aumento no rendimento de grãos com
9 redução do espaçamento entre fileiras (MAEHLER, 2000; PROCOPIO et al., 2013).

10 A diminuição do espaçamento entre fileiras aumenta o rendimento
11 de grãos devido a maior interceptação de luz, ocasionada pela melhor distribuição
12 das plantas na área durante a formação de vagens, e não ao maior IAF e matéria
13 seca produzida durante os estádios vegetativos e nos estádios reprodutivos iniciais
14 (TAYLOR, 1980).

15 Nas lavouras de soja, têm sido normalmente utilizados arranjos de
16 plantas que combinam espaçamentos entre linhas de 40 a 50 cm, com população
17 média de 400.000 plantas ha⁻¹. A modificação destes arranjos de plantas afeta a
18 competição intraespecífica. Portanto, o uso de espaçamentos estreitos (20 cm) em
19 combinação com populações de plantas menores, poderia levar a menores perdas
20 no potencial de rendimento pela diminuição da competição entre plantas (RAMBO et
21 al., 2004).

22 Ventimiglia et al. (1999) observaram que o espaçamento de 20 cm
23 entre linhas proporcionou maior potencial produtivo que o de 40 cm na cultura da
24 soja, nos estádios fenológicos R2, R5 e R8. Os autores concluíram que o menor
25 espaçamento entre fileiras proporciona melhor distribuição espacial das plantas na
26 área, o que determina maiores potenciais de rendimento e rendimento real de grãos.
27 Para Board et al. (1990) espaçamentos reduzidos propiciam maior acúmulo de
28 matéria seca pelos ramos, e isso se associa com incremento na produtividade da
29 soja.

30 Além de aumentar o potencial competitivo com relação às plantas
31 daninhas, espaçamentos reduzidos entre fileiras proporcionam incremento no
32 rendimento de grãos de soja (RAMBO et al., 2004). Esse benefício é obtido,
33 principalmente, em anos sem deficiência hídrica (TAYLOR, 1980), com uso de
34 cultivares de maturação precoce (COSTA et al., 2002), em solos bem supridos de

1 nutrientes (THOMAS; COSTA; PIRES., 1998), e também quando a semeadura for
2 efetuada tardiamente (BOARD et al., 1990).

3 O número de vagens por metro quadrado é o componente do
4 rendimento mais variável com a modificação do arranjo de plantas, sofrendo as
5 maiores modificações pela utilização de práticas de manejo, uma vez que o número
6 de grãos por vagem e a massa do grão são menos influenciados pelo ambiente
7 (RITCHIE et al., 1994). Aumentos no rendimento de grãos pela redução do
8 espaçamento entre linhas têm sido obtidos, principalmente pela maior produção de
9 vagens por área (THOMAS; COSTA; PIRES., 1998; UDOGUCHI; MCCLOUD,
10 1987).

11 Rambo et al. (2004) concluíram que com a utilização do arranjo de
12 plantas com 20 cm de espaçamento e a densidade de 200.000 plantas ha⁻¹ é
13 possível reduzir a perda do potencial de rendimento a partir do estádio R5,
14 resultando em maior rendimento de grãos em R8 em relação ao espaçamento de 40
15 cm e as demais populações de plantas (300.000 e 400.00 plantas ha⁻¹).

16 De acordo com Benincasa (1988), o sombreamento precoce das
17 folhas do terço médio e, principalmente, inferior da planta, causado pelo
18 estreitamento entre linhas, pode acelerar a senescência de folhas, prejudicando o
19 potencial produtivo da cultura. Taiz e Zeiger (2004), também relatam que esse
20 sombreamento reduz a fixação de flores e conseqüentemente vagens no perfil da
21 planta, corroborado por Madalosso (2007).

22 Trabalhos mostram que o arranjo espacial da soja pode influenciar a
23 supressão de espécies daninhas quando se reduz o espaçamento entre fileiras da
24 cultura (BIANCHI et al., 2010; KOGER; REDDY; SHAW, 2002; NICE; BUEHRING;
25 SHAW, 2001; PIRES et al., 2001). O maior sombreamento das plantas daninhas,
26 proveniente da redução do espaçamento entre linhas em soja, pode viabilizar a
27 redução do número de aplicações de herbicidas (KOGER; REDDY; SHAW, 2002), e
28 em determinados casos, reduzir a dose destes (PIRES et al., 2001). Com isso,
29 mantém-se a eficiência do controle, evitando aplicação adicional em caso de falha
30 de controle ou de ocorrência de novo fluxo de plantas daninhas (BIANCHI et al.,
31 2010).

32 Entretanto, o fato do cultivo da soja em espaçamentos estreitos
33 cobrir o solo mais rapidamente requer maior atenção quanto ao momento da
34 aplicação de herbicidas para evitar/minimizar problemas de pouca penetração do

1 produto no dossel (BALBINOT JUNIOR et al., 2015b).

2 Mantendo-se a população adequada de plantas, espaçamentos
3 reduzidos entre as linhas propiciam melhor utilização dos recursos do ambiente,
4 favorecendo uma rápida cobertura do solo e, conseqüentemente, o domínio e a
5 vantagem da cultura sobre as plantas daninhas. Além disso, culturas com alto
6 potencial produtivo causam maior depleção de recursos do ambiente, reduzindo sua
7 disponibilidade para outras espécies e, desse modo, tornando-se mais competitivas
8 com plantas daninhas (BIANCHI et al., 2010).

9 10 2.2.2 Semeadura cruzada

11
12 Nos últimos anos, alguns agricultores vêm testando uma técnica de
13 semeadura denominada “semeadura cruzada”, em que metade das sementes é
14 semeada em um sentido, normalmente o que já vem sendo praticado na lavoura, e a
15 outra metade no sentido transversal, ou seja, cruzando as fileiras de semeadura,
16 formando um quadriculado (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

17 O plantio cruzado surgiu no Brasil pela observação dos arremates
18 dos talhões de soja, onde algumas linhas se cruzavam perpendicularmente. Alguns
19 produtores começaram a observar um aumento da produção de grãos por área
20 nessa situação e resolveram fazer pequenos testes em suas propriedades.

21 Essa técnica foi usada por alguns ganhadores do concurso de
22 produtividade promovido pelo Comitê Estratégico Soja Brasil (CESB), nas safras
23 2009/2010 (CULTIVAR, 2010), 2010/11 e 2011/12 (BALBINOT JUNIOR et al., 2013).
24 No entanto, na literatura científica, há poucas informações sobre os efeitos dessa
25 técnica no desempenho produtivo da soja e a sua relação com cultivares e outras
26 práticas de manejo.

27 A hipótese de que a semeadura cruzada impactaria de modo
28 positivo na produtividade de grãos da soja baseia-se na melhor distribuição espacial
29 das plantas, o que reduziria a competição intraespecífica e, conseqüentemente,
30 aumentaria a quantidade de recursos do ambiente disponíveis para cada planta.
31 Além disso, é possível que a melhor distribuição das plantas na área possibilite
32 aumentar a densidade de plantas, incrementando a produtividade. No entanto, não é
33 conhecida a real contribuição da semeadura cruzada na produtividade, já que, nos

1 relatos dos agricultores que testaram a semeadura cruzada, foram usadas outras
2 técnicas de forma concomitante (BALBINOT JUNIOR et al., 2013).

3 A semeadura cruzada é formada na sua essência por duas
4 operações de semeadura na mesma área, ou seja, o rendimento operacional é
5 reduzido pela metade. Isto pode acarretar em atraso na semeadura, refletir em
6 semeaduras em épocas menos adequadas e causar prejuízos para o cultivo de
7 segunda safra, além de elevar o custo de produção. Para a semeadura de grandes
8 áreas dentro dos períodos indicados pelo zoneamento agrícola, o investimento em
9 máquinas necessitaria ser intensificado significativamente (BALBINOT JUNIOR et
10 al., 2012). Deve-se ressaltar que o nível de compactação do solo no sistema de
11 semeadura cruzada tende a aumentar, pois ocorre o dobro do trânsito de máquinas
12 na área. Esse fato é de extrema importância, pois os casos de compactação em
13 áreas sob o Sistema de Semeadura Direta vêm se agravando ao longo dos anos
14 (GOEDERTH; SCHERMACK; FREITAS, 2002).

15 Adicionalmente, ao realizar o cruzamento das fileiras, a segunda
16 operação de semeadura pode prejudicar a primeira em virtude do revolvimento do
17 solo e da compactação adicional imposta pelo rodado do trator e/ou semeadora.
18 Esse fato é corroborado por Riquetti (2014) e Balbinot Junior et al. (2015a), que
19 constataram redução na população de plantas na colheita em relação à quantidade
20 de sementes distribuídas, na semeadura cruzada.

21 O sentido das fileiras de semeadura também chama a atenção
22 nesse sistema, pois uma delas estará a favor da declividade do terreno, ou seja,
23 uma prática que pode favorecer o processo erosivo, que pode ser agravado em
24 áreas que apresentam declividade mais intensa. Finalmente, ressalva-se que na
25 semeadura cruzada pode haver a formação de várias regiões com alta competição
26 intraespecífica, particularmente na interseção das linhas de semeadura, onde as
27 plantas se localizam muito próximas umas das outras (BALBINOT JUNIOR et al.,
28 2012).

29 Recentemente algumas pesquisas foram conduzidas para avaliar os
30 efeitos da semeadura cruzada na produtividade e no custo de produção da soja.
31 Lima et al. (2012) obtiveram acréscimo de 288 kg ha^{-1} em função do cruzamento das
32 fileiras de semeadura, no entanto a maioria das pesquisas não obtém benefícios
33 agrônômicos oriundos exclusivamente da semeadura cruzada (BALBINOT JUNIOR
34 et al., 2013; BALBINOT JUNIOR et al., 2015b; RIQUETTI, 2014).

1 Silva et al. (2015), testando a cultivar BMX Potência RR, por duas
2 safras, concluíram que embora a semeadura cruzada, com o dobro da densidade de
3 sementes recomendada, tenha sido mais produtiva, a receita líquida da semeadura
4 tradicional, em linhas paralelas, foi maior, resultando em maior rentabilidade para o
5 produtor.

6 A mudança no arranjo espacial através do cruzamento das linhas de
7 semeadura também pode afetar o microclima da lavoura, tornando as condições
8 mais propensas ao desenvolvimento de pragas e doenças. Lima et al. (2012)
9 constataram maior severidade de ferrugem asiática da soja (*Phakospsora*
10 *pachyrhizi*) em semeadura cruzada, da ordem de 15% para a cultivar Anta 82 RR e
11 19% para a M7211RR, em relação à semeadura em fileiras paralelas.

12 Segundo Dias et al. (2011) a ferrugem asiática da soja ocorre
13 preferencialmente no dossel inferior ou áreas sombreadas na lavoura,
14 provavelmente porque a luz solar é um ilicitor de processos fisiológicos de
15 resistência, como o acúmulo de fitoalexinas, principalmente em cultivares com algum
16 nível de resistência à *Phakospsora pachyrhizi*. Portanto, caso a alteração no arranjo
17 espacial de plantas propicie o fechamento antecipado das entrelinhas, pelo dossel,
18 as condições da lavoura se tornam mais favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem
19 asiática da soja e outras doenças que atacam a cultura.

20 21 2.2.3 Fileiras Duplas

22
23 O sistema de semeadura em fileiras duplas vem sendo estudado nos
24 EUA para as culturas do amendoim (*Arachis hypogaea*) (BRECKE; STEPHENSON,
25 2006), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (REDDY; BOYKIN, 2010) milho (*Zea mays*
26 L.) (NELSON; SMOOT, 2009) e soja (GRATEROL; ELMORE; EISENHAUER, 2013).
27 No entanto há carência de estudos que avaliem os benefícios agrônômicos desta
28 técnica para as condições brasileiras. O sistema consiste na semeadura em linhas
29 paralelas, assim como é feito tradicionalmente, porém nesse caso, há dois
30 espaçamentos entre fileiras alternados, um menor e um maior.

31 Essa técnica permite que haja maior número de fileiras por área e ao
32 mesmo tempo, que não ocorra fechamento antecipado e intenso do dossel.
33 Hipotetiza-se que neste sistema de semeadura a cultura emita maior quantidade de
34 ramos em função da maior penetração de luz no dossel, resultando em maior taxa

1 fotossintética, aumentando a sanidade e a longevidade das folhas próximas ao solo,
2 o que em última instância pode maximizar a produtividade de grãos (BALBINOT
3 JUNIOR et al., 2014).

4 Graterol, Elmore e Eisenhauer (2013) concluíram que a semeadura
5 em fileiras duplas (0,25 / 0,5 m) é mais produtiva do que o espaçamento distante
6 (0,75 m) somente quando há oferta e distribuição satisfatória das chuvas ou
7 irrigação, sobretudo com cultivares de tipo de crescimento determinado. Nos anos
8 em que houve distribuição desfavorável das chuvas, não houve diferenças entre o
9 espaçamento em fileira dupla, reduzido (0,25 m) e tradicional.

10 Além disso a melhor penetração de luz e ar no dossel podem tornar
11 o microclima menos favorável à infestação de pragas e doenças, e permitir melhor
12 penetração de agroquímicos (CARVALHO et al., 2013). A utilização de fileiras duplas
13 pode ser uma estratégia de manejo para o cultivo em áreas com histórico de mofo
14 branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (NELSON, 2007) e para reduzir a severidade da
15 ferrugem asiática da soja (PROCOPIO et al., 2014).

16 Em contra partida, Carvalho (2014) constatou maior incidência de
17 percevejos e lagartas desfolhadoras em soja cultivada em fileira dupla (0,4/0,2 m) e
18 espaçamento tradicional (0,4 m) em comparação ao espaçamento reduzido (0,2 m) e
19 semeadura cruzada (0,4 m x 0,4 m). A autora atribuiu a maior incidência de pragas à
20 melhor condição fisiológica das plantas destes tratamentos, avaliada através da taxa
21 de assimilação de CO₂, condutância estomática, concentração interna de CO₂ e taxa
22 de transpiração. Embora tenha havido diferença entre as variáveis fisiológicas
23 citadas, a produtividade não foi afetada pelos diferentes espaçamentos em função
24 da elevada plasticidade das plantas de soja.

25 Para Procopio et al. (2014) a maior desvantagem do uso de fileiras
26 duplas é a possibilidade de maior infestação de plantas daninhas e a perda da
27 radiação que não é interceptada pela comunidade de plantas, em virtude do atraso
28 no fechamento das entrefileiras.

30 2.2.4 Densidade de Plantas

31
32 Em soja se tem tolerância a uma ampla variação na população de
33 plantas, alterando-se mais sua morfologia que o rendimento de grãos (BOARD,
34 2000, GAUDENCIO et al., 1990). Pesquisas documentaram que 95% das máximas

1 produtividades observadas foram obtidas com densidades de semeadura variando
2 entre 73 e 815 mil sementes ha⁻¹ (COX; CHERNEY, 2011; DE BRUIN; PEDERSEN,
3 2008; EGLI, 1988; ELMORE, 1998; OPLINGER; PHILBROOK, 1992).

4 Alterações morfológicas em função da densidade de plantas têm
5 sido relatadas para a cultura da soja em termos de altura de planta (KOMORI et al.,
6 2004; MARCHIORI et al., 1999; MARTINS et al., 1999; PAIVA; TEÓFILO; MARTINS,
7 1992) número de ramificações (HEIFFIG, 2002; MARCHIORI et al., 1999; MARTINS
8 et al., 1999), número de vagens por planta (KUSS et al., 2008; PEIXOTO et al.,
9 2000; TOURINO; REZENDE; SALVADOR et al., 2002) e número de grãos por
10 vagem (HEIFFIG, 2002; TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002). Quando em
11 baixa densidade populacional, tais alterações frequentemente são eficientes em
12 compensar a redução do número de indivíduos por área aumentando a produção de
13 grãos por indivíduo e garantindo a manutenção da produtividade (BOARD; KAHLON,
14 2013).

15 O advento da biotecnologia, agregou alta tecnologia às sementes de
16 soja, no entanto tais avanços tem elevado consideravelmente o custo das sementes.
17 De acordo com Board e Kahlon (2013) a alternativa mais rentável para mitigar os
18 custos com sementes na lavoura é reduzir a população mínima de plantas para
19 obtenção da produtividade ótima (População de plantas mínima ótima). Estudos tem
20 demonstrado (BALL; PURCELL; VORIES, 2000; DE BRUIN; PEDERSEN, 2008) que
21 a população de plantas mínima ótima é menor (produtividade ótima pode ser obtida
22 com menores densidades populacionais de plantas) quando o desenvolvimento das
23 plantas ocorre sob condições favoráveis.

24 Diversas pesquisas na literatura internacional apontam para a
25 redução na densidade de plantas (COX; CHERNEY; SHIELDS, 2010; DE BRUIN;
26 PEDERSEN, 2008; LEE; EGLI; TEKRONY, 2008) baseada no retorno econômico em
27 função da habilidade compensatória da planta de soja (BOARD, 2000; ROBINSON,
28 2009), que propicia obtenção de produtividades semelhantes às semeadas em altas
29 densidades (DE BRUIN; PEDERSEN, 2008; LEE; EGLI; TEKRONY, 2008;
30 PROCOPIO et al., 2013, 2014).

31 A faixa populacional de 300.000 a 400.000 plantas de soja por
32 hectare, oficialmente recomendada para o Brasil desde os anos 80, em algumas
33 regiões, vem diminuindo para valores entre 200.000 e 300.000 plantas por hectare,
34 ora mantendo, ora perdendo produtividade conforme a combinação dos fatores

1 cultivar, época de semeadura e população de plantas (HEIFFIG, 2002).

2 Atualmente a recomendação da densidade de semeadura para cada
3 cultivar pelas empresas obtentoras considera o espaçamento tradicionalmente
4 utilizado pelos agricultores, de 0,4 a 0,5 m, no entanto, salienta-se que, para
5 definição da densidade deve-se considerar o espaçamento adotado, pois enquanto o
6 espaçamento altera o espaçamento das plantas entre as fileiras, a densidade altera
7 o espaçamento das plantas na mesma fileira (SILVA et al., 2011). Portanto a
8 pesquisa, ao alterar o espaçamento entre as fileiras, deve investigar uma possível
9 interação com a densidade de semeadura.

10 Adicionalmente, deve-se considerar que não existe um espaçamento
11 e uma densidade de plantas de soja ideal para todos os ambientes e cultivares,
12 sendo relevante a observação da interação entre o espaçamento e densidade de
13 plantas para várias condições de cultivo (CALISKAN et al., 2007).

14 De acordo Suhre et al. (2014) as máximas produtividades são
15 obtidas em ambientes em que ocorre o fechamento completo do dossel até o início
16 do desenvolvimento das vagens, estágio R3, adicionalmente, a produtividade da
17 soja sofre significativa redução se o fechamento do dossel não ocorrer até o início do
18 enchimento de grãos. Portanto, em baixas densidades de plantas, cultivares com
19 maior habilidade para emitir ramificações garantindo o fechamento do dossel, a fim
20 de interceptar o máximo de radiação incidente durante as fases críticas do
21 desenvolvimento reprodutivo, podem ser mais eficientes em compensar a redução
22 do número de indivíduos e manter altos níveis de produtividade.

23 Segundo Heiffig (2002), ao se reduzir o espaçamento entre fileiras
24 sem o devido ajuste na densidade de plantas na fileira, pode-se contribuir para o
25 acamamento da cultura. No entanto, se o ajuste resultar em poucas plantas por
26 metro, as plantas poderão crescer menos em altura e ramificar mais.

27 Por outro lado, para Procópio et al. (2014) a utilização de
28 espaçamento entre linhas reduzido, mantendo-se a mesma população de plantas
29 por área, aumenta a distância entre as plantas da mesma fileira. Isso resulta em
30 distribuições de plantas mais equidistantes em relação aos arranjos de plantas com
31 maiores espaçamentos entre fileiras. Essa condição mais equidistante resulta em
32 menor competição por luz no início do ciclo, reduzindo o sombreamento entre as
33 plantas de soja.

34 O uso de populações muito acima da indicada, além de acarretar

1 aumento nos gastos com sementes, pode levar ao acamamento de plantas e não
 2 proporcionar acréscimo no rendimento de grãos. Já a adoção de populações abaixo
 3 da indicada favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em
 4 elevadas perdas no momento da colheita (VASQUEZ; CARVALHO; BORBA, 2008).
 5 Marchiori et al. (1999) e Procópio et al., (2014) constataram que, quanto maior a
 6 população de plantas de soja na linha, maior a altura final das plantas, menor o
 7 diâmetro da haste principal e menor o número de ramificações por planta.

8 Oz (2008) obteve redução no número de ramificações por planta
 9 com o aumento da densidade populacional, mas o rendimento de grãos não foi
 10 afetado com densidades entre 140.000 e 280.000 plantas ha⁻¹. A diminuição do
 11 número de ramificações por planta pode estar relacionada com a competição
 12 intraespecífica, a qual é aumentada com o incremento do número de plantas por
 13 área, alterando diretamente o número de ramos por planta (SOUZA et al., 2010).

14 A mudança na distribuição das plantas na lavoura pode afetar a
 15 massa seca de folhas por planta. De acordo com Procópio et al. (2014), quando as
 16 plantas estão mais bem distribuídas na área de produção, pode haver menor
 17 necessidade de produção de folhas, pela menor competição intraespecífica por luz,
 18 fato que acontece com maior intensidade quando se acumula maior número de
 19 plantas na fileira. Em altas populações os espaçamentos de soja praticamente não
 20 influenciam na produção de matéria seca de folhas.

22 2.3 REFERÊNCIAS

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

26 BACHA, C.J.C; CARVALHO, L.V. What explains the intensification and diversification
 27 of Brazil's agricultural production and exports from 1990 to 2012? **IRIBA Working**
 28 **Paper**, v.02, 2014. Disponível em: <[http://www.brazil4africa.org/wp-](http://www.brazil4africa.org/wp-content/uploads/publications/working_papers/IRIBA_WP02_What_Explains_The_Intl_intensificat_and_diversification_of_Brazil's_Agricultural_Production_and_Exports.pdf)
 29 [content/uploads/publications/working_papers/IRIBA_WP02_What_Explains_The_Intl](http://www.brazil4africa.org/wp-content/uploads/publications/working_papers/IRIBA_WP02_What_Explains_The_Intl_intensificat_and_diversification_of_Brazil's_Agricultural_Production_and_Exports.pdf)
 30 [ntensificat_and_diversification_of_Brazil's_Agricultural_Production_and_Exports.pdf](http://www.brazil4africa.org/wp-content/uploads/publications/working_papers/IRIBA_WP02_What_Explains_The_Intl_intensificat_and_diversification_of_Brazil's_Agricultural_Production_and_Exports.pdf)>
 31 . Acesso em 16/05/2015

32 BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de
 33 milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos
 34 genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria , v. 35, n. 1, p. 245-252, fev. 2005 .

35 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.;
 36 NEUMAIER, N.; PANISON, F. Cobertura do solo e área foliar de uma cultivar de soja

- 1 de hábito determinado cultivada no sistema de plantio cruzado. In: CONGRESSO
2 BRASILEIRO DE SOJA, 6., 2012, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Embrapa Soja, 2012.
- 3 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.
4 **Semeadura cruzada na cultura da soja**. Londrina, EMBRAPA SOJA, 2013.
5 (Circular técnica 98).
- 6 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.
7 **Fileiras duplas na cultura da soja**. Londrina, EMBRAPA SOJA, 2014. (Circular
8 técnica 108).
- 9 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.;
10 PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento
11 determinado. **Semina Ciências Agrárias**, v. 36, n.3, p.1215-1226, 2015a.
- 12 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; COSTA, J.M.; KOSINSKI, C.L.;
13 PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Espaçamento reduzido e plantio
14 cruzado associados a diferentes densidades de plantas de soja. **Semina Ciências**
15 **Agrárias**, v.36, n.5, p.2977-2986, 2015b.
- 16 BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIES, T.C. Optimizing soybean plant population for
17 a short-season production system in the Southern USA. **Crop Science**, v. 40, n.3,
18 p.757-764, 2000.
- 19 BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP,
20 1988. 42p.
- 21 BIANCHI, M.A.; FLECK, N.G.; LAMEGO, F.P.; AGOSTINETTO, D. Papéis do arranjo
22 de plantas e do cultivar de soja no resultado da interferência com plantas
23 competidoras. **Planta Daninha**, v.28, n. spe, p.979-991, 2010.
- 24 BOARD, J.E. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation
25 of soybean at low plant populations. **Crop Science**, v.40, n.5, p.1285-1294, 2000.
- 26 BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. A criterion for acceptance of narrow-row culture in
27 soybean. **Agronomy Journal**, v.86, n.6, p.1103-1106, 1994.
- 28 BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Growth dynamics the vegetative period affects yield
29 of narrow-row, late-planted soybean. **Crop Science**, v.88, n.4, p.567-572, 1996.
- 30 BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G.; SAXTON, A.M. Branch dry weight in relation to yield
31 increases in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, v.82, n.3, p.540-544, 1990.
- 32 BOARD, J.E.; KAHN, C.S. Morphological responses to low plant population differ
33 between soybean genotypes. **Crop Science**, v.53, n.3, p.1109-1119, 2013.
- 34 BOARD, J.E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B.G. Temporal importance of greater light
35 interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, v.84, n.4,
36 p.575-579, 1992.
- 37 BRECKE, B.J.; STEPHENSON, D.O. Weed management in single vs. twin row
38 peanut (*Arachis hipogaea*). **Weed Technology**, v.20, n.2, p.368-376, 2006.

- 1 BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is
2 largely due to enhanced early growth. **Crop Science**, v.38, n.4, p.1011-1016, 1998.
- 3 CALISKAN, S.; ARSLAN, M.; UREMIS, I.; CALISKAN, M.E. The effects of row
4 spacing on yield and yield componentes of full season and double-cropped soybean.
5 **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.31, n.3, p.147-154, 2007.
- 6 CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; CARNEIRO, P.C.S.; SOFIATTI, V. Interação entre
7 genótipos e ambientes e implicações em ganhos com seleção em trigo. **Pesquisa**
8 **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n.6, p.987-993, 2006.
- 9 CARVALHO M.M. **Influência do sistema de semeadura na população de pragas**
10 **e nas características morfofisiológicas em cultivares de soja**. 2014. Dissertação
11 (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
12 Filho”, Botucatu, 2014.
- 13 CARVALHO, L.C.; BUENO, R.C.O.F.; CARVALHO, M.M.; FAVORETO, A.L.;
14 GODOY, A.F. Novas técnicas de arranjo de semeadura na cultura da soja.
15 **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.
- 16 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da**
17 **safr brasileira de grãos. Safra 2014/2015. Décimo segundo levantamento.**
18 Disponível em:
19 <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf)
20 [_graos_setembro_2015.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_09_11_10_42_03_boletim_graos_setembro_2015.pdf)>. Acesso em: 11/11/2015.
- 21 COSTA, J.A.; PIRES, J.L.; RAMBO, L.; THOMAS, A.L. Redução no espaçamento
22 entre linhas e potencial de rendimento da soja. **Revista Plantio Direto**, Edição
23 Março/Abril, p. 22-28, 2002.
- 24 COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Growth and yield responses of soybean to row spacing
25 and seeding rate. **Agronomy Journal**, v.103, n.1, p.123-128, 2011.
- 26 COX, W.J.; CHERNEY, J.H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding
27 rates but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v. 102, n.4, 1238-1243,
28 2010.
- 29 CULTIVAR. Produtividade máxima. **Revista cultivar – grandes culturas**, ano 12, n.
30 136, p. 34. 2010.
- 31 DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean
32 yield. **Agronomy Journal**, v.100, n.3, p.704-10, 2008.
- 33 DIAS, A.P.S.; LI, X.; HARMON, P.F.; HARMON, C.L. YANG, X.B. Effects of shade
34 intensity and duration on Asian soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi*.
35 **Plant Disease**, v.95, n.4, p. 485-489, 2011.
- 36 EGLI, D.B. Plant density and soybean yield. **Crop Science**, Madison, v.28, n. 6,
37 p.977-981, 1988.

- 1 ELMORE, R.W. Soybean cultivar responses to row spacing and seeding rates in
2 rainfed and irrigated environments. **Journal of Production Agriculture**, v.11, n. 3,
3 p.326-331, 1998.
- 4 EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo de Soja no**
5 **Cerrado de Roraima**. Londrina: Embrapa Soja, 2009.
- 6 FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**.
7 Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Circular técnica, n.48).
- 8 GAUDENCIO, C.A.A.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA, A; WOBETO, C.
9 **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o centro-**
10 **sul do estado do Paraná**. Londrina: Embrapa, CNPso, 1990. 4p. (Comunicado
11 Técnico 47).
- 12 GOEDERTH, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F. C. DE. Estado da
13 compactação do solo em áreas cultivadas no sistema plantio direto. **Pesquisa**
14 **Agropecuária Brasileira**, v.37, n.2, 2002. Disponível em:
15 <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002000200015>>. Acesso em: 04 jun. 2015.
- 16 GRATEROL, Y.E.; ELMORE, R.W.; EISENHAUER D.E. Narrow-row planting
17 systems for furrow irrigated soybean. **Journal of Production Agriculture**, v.9, n.4,
18 p. 546-552, 2013.
- 19 GUBIANI, E.I. **Crescimento e rendimento da soja em resposta a épocas de**
20 **semeadura e arranjo de plantas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) -
21 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2005.
- 22 HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (Glycine max (L) Merrill) em**
23 **diferentes arranjos espaciais**. Dissertação (Mestrado) Esalq. Piracicaba, 2002.
- 24 HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE,
25 S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos
26 espaciais. **Bragantia**, v.65, n.2, p.285-295, 2006.
- 27 HERBERT, S.J.; LITCHFIELD, G.V. Partitioning soybean seed yield components.
28 **Crop Science**, v.22, n.5, p.1074-1079, 1982.
- 29 HOLTZ, V.; COUTO, R.F.; OLIVEIRA, D.G.; REIS, E.F. Deposição de calda de
30 pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais.
31 **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p.1371-1376, 2014.
- 32 HORVAT, R.; WATANABE, M.; YAMAGUCHI, C.K. Fertilizer consumption in the
33 region MATOPIBA and their reflections on Brazilian soybean production.
34 **International Journal of Agriculture and Forestry**, v.5, n.1, p.52-59, 2015.
- 35 KOGER, C.H.; REDDY, K.N.; SHAW, D.R. Effects of rye cover crop residue and
36 herbicides on weed control in narrow and wide row soybean planting systems. **Weed**
37 **Biology and Management**, v.2, n.4, p.216-224, 2002.
- 38 KOMORI, E.; HAMAWAKI, O.T.; SOUZA, M.P; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A.M.
39 Influencia da época de semeadura e população de plantas sobre características

- 1 agronômicas na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.20, n.3 p.13-19,
2 2004.
- 3 KUSS, R.C.R.; KONIG, O.; DUTRA, L.M.C.; BELLÉ, R.A.; ROGGIA, S.; STURMER,
4 G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja.
5 **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1133-1137, 2008.
- 6 LEE, C.D.; EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Soybean response to plant population at
7 early and late planting dates in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v.100, n. 4,
8 p.971-976, 2008.
- 9 LIMA, S.F; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G.F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S.
10 Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a
11 severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, p.954-962,
12 2012.
- 13 MADALOSSO, M.G. **Espaçamento entrelinhas e pontas de pulverização no**
14 **controle de Phakopsora pachyrhizi Sidow**. 2007. 90f. Dissertação (Mestrado em
15 Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. RS.
- 16 MADALOSSO, M.G.; DOMINGUES, L.S.; DEBORTOLI, M. P.; BALARDIN, R.S.
17 Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no
18 controle de Phakopsora pachyrhizi Sidow em soja. **Ciência Rural**, v.40, n.11,
19 p.2256-2261, 2010.
- 20 MAEHLER, A.R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em**
21 **resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. 2000. 108f. Dissertação
22 (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio
23 Grande do Sul. 2000.
- 24 MARCHIORI, L.F.S.; CÂMARA, G.M.S.; PEREIRA, C.P.; MARTINS, M.C.
25 Desempenho vegetativo de cultivares de soja Glycine max (L.) Merrill em épocas
26 normal e safrinha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999.
- 27 MARCOS FILHOS, J.; GODOY, O.P.; CÂMARA, G.M.S. Tecnologia da produção. In:
28 CÂMARA, G.M.S. et al. **Produção, pré-processamento e transformação**
29 **agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia,
30 1982. p. 1-39.
- 31 MARTINS, M.C.; CÂMARA, G.M.S.; PEIXOTO, C.P.; MARCHIORI, L.F.S.;
32 LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e
33 desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 851-
34 858, 1999.
- 35 MELGES, E.; LOPES, N.F.; OLIVA, M.A. Crescimento, produção de matéria seca e
36 produtividade da soja submetida a quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa**
37 **Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 9, p. 1073-1080, 1989.
- 38 MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **SOJA: Fatores que afetam o crescimento e**
39 **o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da
40 Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005. 31p.

- 1 NELSON, K.A. Glyphosate application timings in twin- and single-row corn and
2 soybean spacings. **Weed Technology**, v.21, n. 1, p.186-190, 2007.
- 3 NELSON, K.A.; SMOOT, R.L. Twin- and single-row corn production in northeast
4 Missouri. **Crop Management**, v.8, n.1, p. 116-134, 2009.
- 5 NICE, G.R.W.; BUEHRING, N.W.; SHAW, D.R. Sickpod (*Senna obtusifolia*)
6 response to shading, soybean (*Glycine max*) row spacing and population in three
7 management systems. **Weed Technology**, v.15, n.1, p.155-162, 2001.
- 8 OPLINGER, E.S.; PHILBROOK, B.D. Soybean planting date, row width and seeding
9 rate response in three tillage systems. **Journal of Production Agriculture**, v.5, n. 1,
10 p.94-99, 1992.
- 11 OZ, M. Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in
12 soybean. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n. 24, p. 4464-4470, 2008.
- 13 PAIVA, J.B.; TEÓFILO, E.M.; MARTINS, J.B.P. Densidade de plantio da cultura da
14 soja, *Glycine max* (L.) Merrill, no estado do Ceará. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza,
15 v.23, n. 1, p.103-107, 1992.
- 16 PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K.
17 Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução no espaçamento entre
18 fileiras. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.357-364, 2004.
- 19 PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.;
20 GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de
21 soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. Piracicaba: **Scientia**
22 **Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89 - 96, 2000.
- 23 PIRES, J.L.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L. Rendimento de grãos de soja influenciado
24 pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.4,
25 n.2, p.183-188, 1998.
- 26 PIRES, J.L.F.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; MAEHLER, A.R. Efeito de populações
27 e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia.
28 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1541-1547, 2000.
- 29 PIRES, J.L.F.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D.; COSTA, J.A.; FLECK, N.G. Redução
30 na dose de herbicida pós-emergente e no espaçamento entre linhas para controle de
31 papuã em soja. **Planta Daninha**, v. 19, n. 3, p. 337-343, 2001.
- 32 PROCOPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.;
33 PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de
34 crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias (Belém)**, v.56, n.4,
35 p.319-325, 2013.
- 36 PROCOPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.;
37 PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da
38 soja. **Agro@mbiente online**, v.8, n.2, p.212-221, 2014.

- 1 PROQUE, A.L.; CASSUCE, F.C.C.; SILVA, E.H. Interações de Estados Unidos e
2 Brasil no mercado mundial de soja em grão: Uma análise dinâmica baseada nas
3 trajetórias estocásticas das exportações. **Organizações Rurais e Agroindustriais**,
4 v.16, n.4 (edição especial), n.518-531, 2014.
- 5 RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G.
6 Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes
7 arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.33-40, 2004.
- 8 REDDY, K.N.; BOYKIN, J.C. Weed control and yield comparisons of twin- and single-
9 row Glyphosate-resistant cotton production system. **Weed Techonology**, v.24, n.2,
10 p.95-101, 2010.
- 11 RIQUETTI, N.B. **Produtividade, eficiência energética e econômica em**
12 **semeadura cruzada de soja**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –
13 Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.
- 14 RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean**
15 **plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology:
16 Cooperative Extension Service, 1994. 20p. (Special Report, 53).
- 17 ROBINSON, A.P.; CONLEY, S.P.; VOLENEC, J.J.; SANTINI, J.B. Analysis of high
18 yielding, early-planted soybean in Indiana. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 1, p. 131-
19 139, 2009.
- 20 RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LUZ, J.
21 S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo.
22 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p. 431-437, 2001.
- 23 SHAW, R.H.; WEBER, C.R. Effects of canopy arrangements on light interception and
24 yield of soybeans. **Agronomy Journal**, v.59, n.2, p.155-159, 1967.
- 25 SILVA, G.S.; CECÍLIO FILHO, A.B.; BARBOSA, J.C.; ALVES, A.U. Espaçamentos
26 entrelinhas e entre plantas no crescimento e na produção de repolho roxo.
27 **Bragantia**, v.70, n.3., p.538-543, 2011.
- 28 SILVA, P.R.A.; TAVARES, L.A.F.; SOUSA, S.F.G.; CORREIA, T.P.S; RIQUETTI,
29 N.B. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura da soja. **Revista Brasileira de**
30 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.293-297, 2015.
- 31 SOUZA, C.A.; GAVA, F.; CASA, R.T.; BOLZAN, J.M.; KUHNEM JUNIOR, P.R.
32 Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready TM. **Planta**
33 **Daninha**, v.28, n.4, p.887-896, 2010.
- 34 STÜRMER, G.R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SARI, B.G.; BURTET, L.M.; GUEDES,
35 J.V.C. Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em
36 diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares. **Semina Ciências Agrárias**,
37 Londrina, v. 35, n.3, p.1177-1186, 2014.
- 38 SUHRE, J.J.; WEIDENBENNER, N.H.; ROWNTREE, S.C.; WILSON, E.W.; NAEVE,
39 S.L.; CONLEY, S.P.; CASTEEL, S.N.; DIERS, B.W.; ESKER, P.D.; SPECHT, J.E.;

- 1 DAVIS, V.M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and
2 seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, n.5, p.1631-1642, 2014.
- 3 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- 4 TAYLOR, H.M. Soybean growth and yield as affected by row spacing and by
5 seasonal water supply. **Agronomy Journal**, v.72, n.3, p.543-547, 1980.
- 6 THOMAS, A.L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F. Rendimento de grãos de soja afetado
7 pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, v.28, n.4, p.543-
8 546, 1998.
- 9 THOMPSON, N.M.; LARSON, J.A.; LAMBERT, D.M.; ROBERTS, R.K.; MENGISTU,
10 A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E.R. Mid-South soybean yield and net return as
11 affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, v. 107, n.3,
12 p.979-989, 2015.
- 13 TOURINO, M.C.C.; REZENDE, P.M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e
14 uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja.
15 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.8 p.1071-1077, 2002.
- 16 UDOGUCHI, A.; MCCLOUD, D.E. Relationship between vegetative dry matter and
17 yield of three soybean cultivars. **Soil and Crop Science Society of Florida**, v.46,
18 p.75-79, 1987.
- 19 UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **World agricultural**
20 **supply and demand estimates**. 2015. Disponível em:
21 <[http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde//2010s/2015/wasde-11-10-](http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde//2010s/2015/wasde-11-10-2015.pdf)
22 [2015.pdf](http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/waob/wasde//2010s/2015/wasde-11-10-2015.pdf)>. Acesso em: 25 nov 2015.
- 23 VASQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de
24 plantas sobre a produtividade e qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista**
25 **Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 1-11, 2008.
- 26 VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de
27 rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos
28 espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.195-199, 1999.
- 29 WELLS, R. Soybean growth response to plant density: relationships among
30 photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**, v.31, n.3, p.755-761,
31 1991.
- 32 ZHOU, X.B.; CHEN, Y.H.; OUYANG, Z. Spacing between rows: effects on water-use
33 efficiency of double-cropped wheat and soybean. **Journal of Agricultural Science**,
34 v. 153, n.1, p.90-101, 2015.

1
2 **3 ARTIGO A**
3

4 **DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE SOJA EM RESPOSTA A**
5 **DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS DE PLANTAS**
6

7 3.1 RESUMO E ABSTRACT
8

9 **Resumo:** Recentes mudanças no sistema produtivo da soja, como o advento da
10 biotecnologia, aumento do potencial produtivo, e mudanças no tipo de crescimento e
11 arquitetura das cultivares motivam a atualização das pesquisas com arranjos
12 espaciais de plantas. O arranjo pode ser modificado pela alteração do espaçamento
13 entre fileiras e da densidade de semeadura. Destacam-se os sistemas de:
14 semeadura em espaçamento reduzido, semeadura em fileiras duplas e semeadura
15 cruzada. Objetivou-se com este trabalho avaliar os componentes de rendimento e a
16 produtividade de cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado, em
17 resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas. O experimento foi conduzido em
18 Londrina-PR nas safras 2013/14 e 2014/15, sob delineamento experimental de
19 blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3 x 2, totalizando 24 tratamentos, com
20 3 repetições. Os tratamentos foram constituídos de: quatro espaçamentos entre
21 fileiras (0,2 m; 0,2/0,8 m em fileiras duplas; 0,5 m; e 0,5 m em semeadura cruzada);
22 três densidades de semeadura (150, 300 e 450 mil sementes viáveis ha⁻¹) e duas
23 cultivares (BMX Potência RR e BRS 359 RR). Avaliou-se a densidade de plantas no
24 estádio V3, os componentes de rendimento, a taxa de mortalidade de plantas, o
25 índice de colheita aparente e a produtividade de grãos. Os dados foram submetidos
26 à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de
27 significância. As cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR apresentam alta
28 plasticidade fenotípica, permitindo grandes alterações no espaçamento entre fileiras
29 e densidade de semeadura sem grandes modificações na produtividade. Os
30 espaçamentos reduzido, fileiras duplas e cruzado não favorecem o desempenho
31 produtivo em relação ao espaçamento tradicional para ambas cultivares. A
32 semeadura cruzada prejudica o estabelecimento do estande de plantas e o reduzido
33 quando associado a alta densidade favorece a mortalidade de plantas. A redução na
34 densidade de semeadura eleva o número de vagens por planta, em ambas
35 cultivares. O número de grãos por vagem e o índice de colheita não são
36 influenciados pelo arranjo espacial de plantas.

37
38 **Palavras-chave:** *Glycine max*(L.) Merrill, Espaçamento entre fileiras. Densidade de
39 plantas. Semeadura cruzada. Fileiras duplas. Espaçamento reduzido.
40

41 **SOYBEAN YIELDING PERFORMANCE IN RESPONSE TO DIFFERENT PLANT**
42 **SPATIAL ARRANGEMENT**
43

44 **Abstract:** Recent changes in soybean production system motivates research update
45 on plant spatial arrangement. The arrangement can be modified by changing row
46 spacing and seeding rate. Stand out: Narrow-row planting system, twin-rows and
47 crossed rows. This research aims to assess yield components and the yield of
48 soybean cultivars with indeterminate growth habit in response to different plant

1 spatial arrangement. The experiment was conducted in Londrina-PR in 2013/14 and
2 2014/15 growing season, with randomized complete block design, in 4 x 3 x 2 factorial
3 scheme, totaling 24 treatments with 3 replications. The treatment consists: four row
4 spacing (0,2 m; 0,2/0,8 m in twin rows; 0,5 m; and 0,5 m in crossed rows); three
5 seeding rates (150, 300 and 450 thousand viable seeds ha⁻¹) and two cultivars (BMX
6 Potência RR and BRS 359 RR). It was assessed: plant density in V3 stage, yield
7 components, plant mortality, apparent harvest index and grain yield. Data were
8 submitted to ANOVA and mean comparisons with Tukey test with 5% significance.
9 BMX Potência RR and BRS 359 RR have high phenotypic plasticity, allowing large
10 changes in row spacing and seeding rate without major changes in the yield. The
11 narrow rows, twin rows and crossed rows spacings does not favors the yield
12 performance compared to traditional spacing in both cultivars. Crossed rows
13 damages stand establishment and the narrow rows when associated to high seeding
14 rate favors plant mortality. Decreased seeding rates increases the number of pods
15 per plant in both cultivars. Grains per pod and harvest index are not influenced by
16 plant spatial arrangement

17
18 Keywords: Glycine max (L.) Merrill. Row spacing. Plant density. Crossed row. Twin
19 rows. Narrow rows.

21 3.2 INTRODUÇÃO

22
23 A cadeia produtiva da soja tem passado por mudanças que trazem à
24 tona, novamente, questões acerca do arranjo espacial de plantas na lavoura, o qual
25 pode conferir aumento na produtividade de grãos (PROCOPIO et al., 2013) e
26 redução nos custos de produção (DE BRUIN; PEDERSEN, 2008; THOMPSON et al.,
27 2015).

28 Dentre essas mudanças, destacam-se: acréscimo no custo das
29 sementes em função do advento da biotecnologia (BOARD; KAHN, 2013),
30 aumento no potencial produtivo das cultivares (PROCOPIO et al., 2013); introdução
31 de novas cultivares com tipo de crescimento indeterminado, arquitetura mais
32 compacta (porte mais baixo e folíolos menores) e ciclo precoce (SOUZA et al., 2010)
33 e consolidação de alternativas de manejo do solo e das plantas, como o Sistema
34 Plantio Direto. Assim, há necessidade de atualização das pesquisas com arranjo de
35 plantas de soja, considerando as tecnologias atualmente empregadas.

36 Na cultura da soja, o arranjo espacial de plantas pode influenciar o
37 rendimento de grãos (COX; CHERNEY, 2011; DE BRUIN; PEDERSEN, 2008; SILVA
38 et al., 2015; THOMPSON et al., 2015; ZHOU; CHEN; OUYANG, 2015); a velocidade
39 de fechamento das entrelinhas (HEIFFIG et al., 2006); a produção de massa seca
40 (COX; CHERNEY, 2011); a arquitetura das plantas (COX; SHERNEY; SHIELDS,

1 2010), o acamamento (LINZMEYER JUNIOR et al., 2008), a severidade das
2 doenças (LIMA et al., 2012), a ocorrência de pragas (STÜRMER et al., 2014), a
3 supressão das plantas daninhas (BIANCHI et al., 2010) e a eficiência na aplicação
4 de agroquímicos (HOLTZ et al., 2014). Tais alterações podem provocar modificações
5 nos componentes de rendimento ocasionando alteração ou manutenção da
6 produtividade

7 O arranjo espacial de plantas influencia na quantidade dos recursos
8 ambientais disponíveis para cada planta e pode ser modificado pelo espaçamento
9 entre fileiras e pela densidade de semeadura (RAMBO et al., 2004).

10 No Brasil, tradicionalmente, utiliza-se o espaçamento entre fileiras de
11 0,45 ou 0,5 m. Entretanto, as mudanças ocorridas na cultura nos últimos anos,
12 motivam o estudo da eficiência e viabilidade de outros espaçamentos, tais como a
13 semeadura em espaçamento reduzido, semeadura em fileiras duplas e semeadura
14 cruzada.

15 Um dos objetivos da redução do espaçamento entre fileiras, é
16 encurtar o tempo para a cultura interceptar 95% da radiação solar incidente,
17 otimizando a capacidade do dossel em converter a energia luminosa em biomassa e
18 elevando a produtividade (PARCIANELLO et al., 2004; VENTIMIGLIA et al., 1999).
19 Adicionalmente, busca-se: melhor distribuição das raízes na área (RAMBO et al.,
20 2004), a maior eficiência do uso da água (ZHOU; CHENG; OUYANG, 2015) e maior
21 habilidade na competição com plantas daninhas (BALBINOT JUNIOR; FLECK
22 2005a). De acordo com De Bruin e Pedersen (2008) a resposta da soja à redução no
23 espaçamento entre fileiras é variável entre safras, locais, cultivares, época de
24 semeadura e manejo do solo.

25 A semeadura em fileiras duplas consiste na semeadura em linhas
26 paralelas, assim como é feito tradicionalmente, porém nesse caso, há dois
27 espaçamentos entre fileiras alternados, um menor e um maior. É uma técnica
28 utilizada nos EUA nas culturas da soja (GRATEROL; ELMORE; EISENHAUER,
29 2013), milho (NELSON; SMOOT, 2009), algodão (REDDY; BOYKIN, 2010) e
30 amendoim (BRECKE; STEPHENSON, 2006). Nesse arranjo de plantas pode haver
31 alta penetração de luz e agroquímicos no dossel, melhorando a taxa fotossintética, a
32 sanidade e a longevidade das folhas próximas ao solo, o que, pode maximizar a
33 produtividade de grãos (BRUNS, 2011). Em virtude do microclima menos propício à
34 infestação de patógenos, a semeadura em fileira dupla se apresenta como uma

1 alternativa para áreas com histórico de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*)
2 (NELSON, 2007) e para reduzir a severidade da ferrugem asiática da soja
3 (PROCOPIO et al., 2014).

4 Por sua vez, a semeadura cruzada é uma técnica de implantação
5 em que metade das sementes é semeada em um sentido e a outra metade no
6 sentido transversal, ou seja, cruzando as fileiras de semeadura, formando um
7 quadriculado (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a). Esta técnica ganhou destaque
8 após ganhadores de concursos de produtividade relatarem utilizá-la, nas safras
9 2009/10 (CULTIVAR, 2010), 2010/11 e 2011/12 (BALBINOT JUNIOR et al., 2013).
10 Os resultados obtidos até aqui indicam que a segunda operação de semeadura,
11 perpendicular à primeira, pode prejudicar o estabelecimento do estande em função
12 do revolvimento do solo e compactação adicional imposta pelo conjunto trator-
13 semeadora sobre a área já semeada (PROCOPIO et al., 2013) com efeitos variáveis
14 sobre a produtividade de grãos (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a; SILVA et al.,
15 2015).

16 Com relação à densidade, vários trabalhos têm demonstrado a baixa
17 resposta da cultura da soja às variações de densidade de plantas (HEIFFIG et al.,
18 2006; PIRES; COSTA; THOMAS, 1998). Esse resultado ocorre em função da alta
19 plasticidade fenotípica da soja, a qual é definida como a capacidade de a planta
20 alterar sua morfologia e componentes de rendimento a fim de adequá-los às
21 condições impostas pelo arranjo (RITCHIE et al., 1994).

22 Atualmente a recomendação da densidade de semeadura para cada
23 cultivar pelas empresas obtentoras considera o espaçamento tradicional, no entanto,
24 salienta-se que, para definição da densidade deve-se considerar o espaçamento
25 adotado, pois enquanto o espaçamento altera o espaçamento das plantas entre as
26 fileiras, a densidade altera o espaçamento das plantas na mesma fileira (SILVA et
27 al., 2011). Portanto a pesquisa, ao alterar o espaçamento entre as fileiras, deve
28 investigar uma possível interação com a densidade de semeadura.

29 Adicionalmente, deve-se considerar que não existe um espaçamento
30 e uma densidade de plantas de soja ideal para todos os ambientes e cultivares,
31 sendo relevante a observação da interação entre o espaçamento e densidade de
32 plantas para várias condições de cultivo (CALISKAN et al., 2007).

33 Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar os
34 componentes de rendimento, taxa de mortalidade, índice de colheita e a

1 produtividade de duas cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado em
2 resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas.

3 4 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

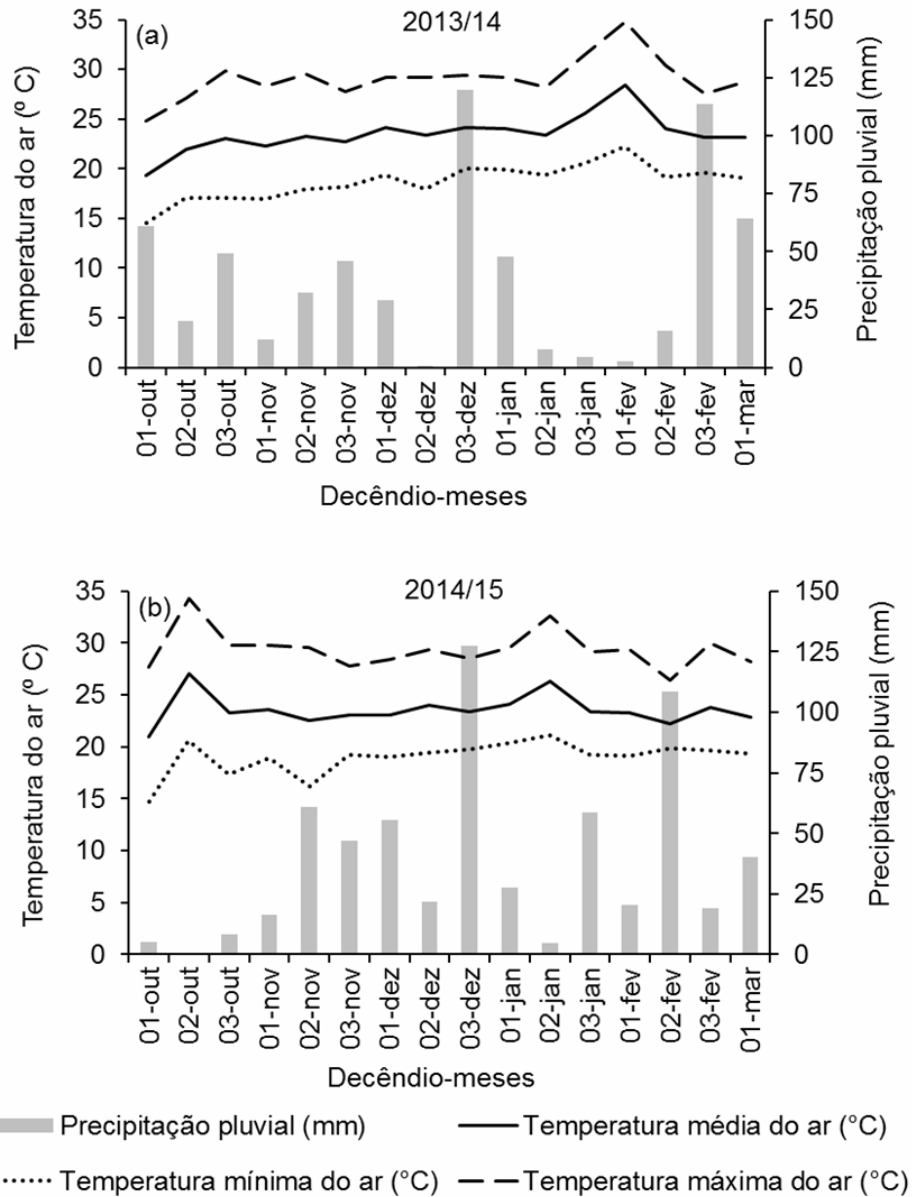
5
6 O experimento foi conduzido em Londrina-PR (23° 19' 21" S, 51° 20'
7 46" W altitude 620 m) nas safras 2013/14 e 2014/15, na mesma área. O clima da
8 região é classificado como subtropical úmido (Cfa), de acordo com a classificação de
9 Köppen.

10 Os dados de precipitação pluvial, temperatura mínima, média e
11 máxima do ar durante a condução dos experimentos são apresentados na Figura
12 3.1a para a safra 2013/14 e 3.1b para a safra 2014/15. O balanço hídrico
13 climatológico sequencial (BHCS) de Thornthwaite e Mather (1955) está apresentado
14 nas figuras 3.2a e 3.2b, para as safras 2013/14 e 2014/15, respectivamente.

15 Os dados meteorológicos foram obtidos na estação agrometeorológica da
16 Embrapa Soja, distante cerca de 600 m do local do experimento. A
17 evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada durante os decêndios da
18 condução do experimento pela equação de Penman-Monteith e transformada em
19 evapotranspiração da cultura da soja (ET_c = ET_o x K_c), conforme recomendação de
20 coeficiente da cultura (K_c) pela FAO (ALLEN et al., 1998). A capacidade de água
21 disponível no solo utilizada para o cálculo do BHC foi de 75 mm (FARIAS et al.,
22 2001).

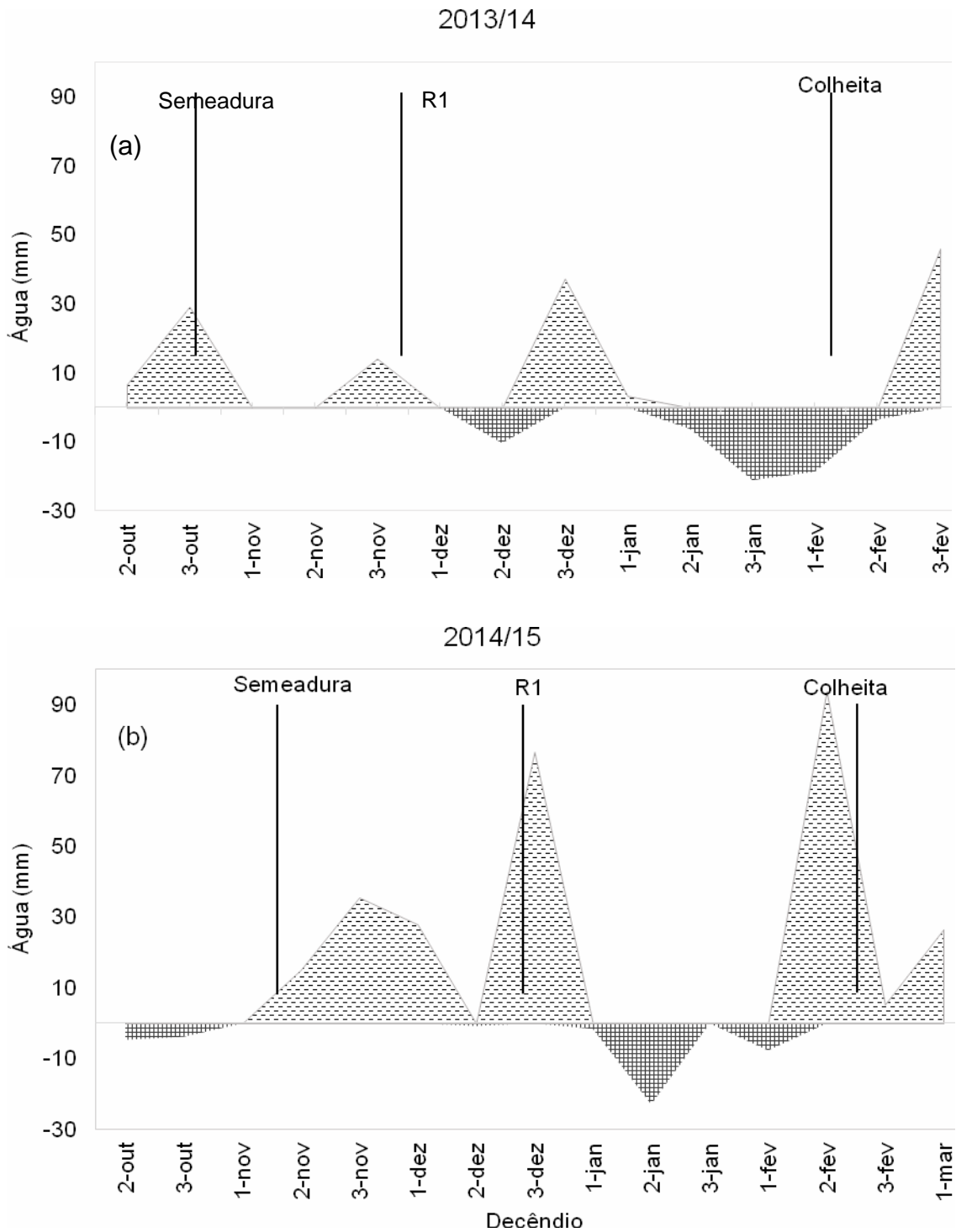
23 O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho
24 distroférico (SANTOS et al., 2013), cultivado em Sistema Plantio Direto por quinze
25 anos. Os atributos químicos do solo no momento da implantação da primeira safra,
26 na camada de 0 a 20 cm, eram: 21,4 g dm⁻³ de matéria orgânica; 4,9 de pH em
27 CaCl₂; 8,6 mg dm⁻³ de P (Mehlich 1); 0,55 cmol_c dm⁻³ de K trocável; 3,7 cmol_c dm⁻³ de
28 Ca trocável; 1,4 cmol_c dm⁻³ de Mg trocável; e 48% de saturação da CTC por bases.
29 As culturas antecedentes à soja foram: trigo na safra 2013/14 e aveia preta na safra
30 2014/15. A aveia preta foi manejada mecanicamente com rolo faca 30 dias antes da
31 semeadura da soja. A cobertura vegetal remanescente na área foi dessecada
32 quimicamente com glyphosate (1.080 g ha⁻¹) e carfentrazone-ethyl (30 g ha⁻¹), aos
33 15 dias antes da semeadura, nos dois anos de experimento.

1 Figura 3.1 – Precipitação pluvial (mm), temperaturas mínima, média e máxima do ar
 2 (°C) registradas na estação meteorológica da Embrapa Soja, por decêndio, durante
 3 o período de condução dos experimentos. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/15.



4
 5 Fonte: o próprio autor
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16

1 Figura 3.2 – Balanço hídrico climatológico sequencial (mm) de Thornthwaite e
 2 Mather, por decêndio, durante o período de condução dos experimentos. Londrina-
 3 PR, safras 2013/14 e 2014/15.



4

5
 6
 7

Fonte: o próprio autor

8
 9
 10

O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados, em esquema fatorial 4 x 3 x 2, totalizando 24 tratamentos, com 3 repetições. Os tratamentos foram constituídos de: quatro espaçamentos entre fileiras, sendo 0,2 m

1 (reduzido); 0,2/0,8 m (fileiras duplas); 0,5 m (tradicional) e 0,5 m (cruzado); três
2 densidades de semeadura (150, 300 e 450 mil sementes viáveis ha⁻¹) e duas
3 cultivares de soja (BMX Potência RR e BRS 359 RR).

4 As parcelas mediram 10,0 m de comprimento e 5,0 m de largura,
5 totalizando 50,0 m². A área útil utilizada nas avaliações foi de 24 m² (8,0 m de
6 comprimento e 3,0 m de largura).

7 As cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR possuem resistência
8 ao herbicida glyphosate, tipo de crescimento indeterminado e grupos de maturidade
9 relativa 6.7 e 6.0, respectivamente. A densidade recomendada para a região de
10 Londrina é de 265 a 310 mil plantas ha⁻¹ para a BMX Potência RR e 220 a 265 mil
11 plantas ha⁻¹ para a BRS 359 RR. A massa média de mil grãos para a BMX Potência
12 RR é de 168g (BRASMAX, 2013) e 170g para a BRS 359 RR (EMBRAPA, 2015) Na
13 safra 2014/15, a área foi irrigada 3 dias antes da semeadura com uma lâmina de 30
14 mm, em virtude da estiagem ocorrida em outubro.

15 A semeadura foi realizada nos dias 23 de outubro de 2013 e 11 de
16 novembro de 2014, a uma velocidade média de 5 km h⁻¹, utilizando-se uma
17 semeadora da marca Imasa, modelo MPS 1800 para a semeadura das parcelas com
18 espaçamento reduzido (0,2 m) e fileiras duplas (0,2/0,8 m) e uma semeadora da
19 marca Semeato, modelo SHM 11/13, para as parcelas com espaçamento tradicional
20 (0,5 m) e cruzado, ambas equipadas com sulcadores do tipo disco duplo defasado
21 para semente, e dosadores do tipo disco perfurado com dupla fileira de furos.

22 Na semeadura das fileiras duplas, todos os discos sulcadores,
23 espaçados a 0,2 m entre si, entraram em contato com o solo, no entanto, intercalou-
24 se de acordo com o espaçamento desejado, as fileiras em que seriam depositadas
25 as sementes. As sementes foram tratadas com Vitavax-Thiran 200SC[®]
26 (Carboxin+Thiram – 150 mL 50 kg⁻¹ de sementes) e inoculante líquido Gelfix 5[®]
27 (5x10⁹ unidades formadoras de colônia de bactérias fixadoras de N mL⁻¹ – 100 mL 50
28 kg⁻¹ de sementes) no dia da semeadura.

29 Em ambas as safras, a adubação de base constou da aplicação de
30 125 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo (41% de P₂O₅) e 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio
31 (50% de K₂O), aplicados a lanço, dez dias antes da semeadura. O manejo de
32 plantas daninhas, pragas e doenças foram iguais para todos os tratamentos e
33 seguiram recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2011).

34 No estádio V3 de desenvolvimento da cultura, nas duas safras,

1 avaliou-se a densidade inicial de plantas ha^{-1} por meio da contagem do número de
2 plantas em $3,0 \text{ m}^2$ da área útil. Adicionalmente, na safra 2014/15, avaliou-se também
3 a população final de plantas ha^{-1} , no estágio R8, através da contagem de $3,0 \text{ m}^2$, na
4 mesma posição onde fora avaliada a população inicial de plantas, obtendo assim a
5 taxa de mortalidade de plantas, expressa em porcentagem.

6 Na ocasião da colheita, coletaram-se 20 plantas por parcela a fim de
7 avaliar o número de vagens por planta, o número de grãos por vagem e a massa de
8 mil grãos. Para determinação da massa de mil grãos, foram separadas oito
9 subamostras de cem grãos por parcela, cujas massas foram determinadas em
10 balança analítica com precisão de $0,001 \text{ g}$ de acordo com as Regras para Análise de
11 Sementes (BRASIL, 1992). Na safra 2014/15, determinou-se, adicionalmente, o
12 índice de colheita aparente (ICA) a partir da amostra de 20 plantas. O ICA não
13 considera a massa das folhas senescidas e foi estimado pela seguinte equação:
14 massa seca de grãos/(massa seca de grãos + massa seca da palha) (HAY, 1995). A
15 colheita da área útil foi realizada com colhedora automotriz combinada e a
16 produtividade de grãos foi padronizada em 13% de umidade e expressa em kg ha^{-1} .

17 Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar
18 se os mesmos apresentavam distribuição normal e ao teste de Cochran para
19 verificar a homocedasticidade. Após a constatação da normalidade e
20 homocedasticidade, aplicou-se análise de variância e comparação de médias pelo
21 teste de Tukey, a 5% de significância. A taxa de mortalidade de plantas, por ser
22 expressa em porcentagem, foi transformada para \sqrt{x} . Quando não houve interação
23 significativa, os efeitos foram apresentados considerando-se separadamente cada
24 fator experimental.

25 26 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

27
28 Não houve interação entre os fatores, em nenhuma das safras, para
29 a densidade de plantas avaliada no estágio V3 de desenvolvimento da cultura. Na
30 safra 2013/14 houve efeito isolado do espaçamento entre fileiras e da densidade de
31 semeadura. Na média das três densidades de semeadura, o espaçamento reduzido
32 ($0,2 \text{ m}$) e fileiras duplas ($0,2/0,8 \text{ m}$), apresentaram menor densidade de plantas do
33 que os espaçamentos tradicional ($0,5 \text{ m}$) e cruzado ($0,5 \text{ m}$ cruzado) (Tabela 3.1).

34 A semeadura em espaçamento reduzido é dificultada pelo maior

número de linhas por área, que resulta em maior mobilização do solo e da palhada. Com isso, a germinação e emergência das plantas é prejudicada pelas altas temperaturas e baixa umidade que ocorrem na camada superficial do solo quando este não apresenta boa cobertura com resíduos vegetais (FURLANI et al., 2008). Neste experimento, a semeadura em fileiras duplas também foi prejudicada pelo grande número de discos sulcadores em contato com o solo, embora só houvesse deposição de sementes nas fileiras espaçadas a 0,2/0,8 m.

Tabela 3.1 – Densidade de plantas no estágio V3 (mil plantas ha⁻¹) (DP), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (g) (M1000) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de cultivares de soja em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas. Londrina-PR, Safra 2013/14.

Fator de Variação	DP	NVP	NGV	M1000	PROD
Cultivar					
BMX Potência RR	259,70	39,82	2,33 A	88,39	1613
BRS 359 RR	263,80	42,24	2,14 B	91,40	1751
Espaçamento					
0,2	222,32 B ²	46,24 A	2,34	85,1	1640
0,2/0,8	233,43 B	45,38 AB	2,22	91,64	1256
0,5	303,43 A	37,64 BC	2,17	92,67	1962
0,5 cruzado	288,70 A	34,88 C	2,23	90,19	1869
Densidade¹					
150	136,95 C	62,56 A	2,28	89,07	1610 B
300	257,37 B	35,55 B	2,20	90,14	1642 AB
450	391,60 A	25,00 C	2,24	90,50	1793 A
Quadrados Médios					
C	203,34 ^{ns3}	105,4 ^{ns}	0,65*	162,2 ^{ns}	343175*
E	10412,4*	572,4*	0,46 ^{ns}	202,7*	1782461*
D	140209,3*	9004,1*	0,007 ^{ns}	13,27 ^{ns}	228932*
C*E	45,09 ^{ns}	11,93 ^{ns}	0,060 ^{ns}	330,86*	421004*
C*D	370,68 ^{ns}	23,37 ^{ns}	0,024 ^{ns}	16,61 ^{ns}	360322*
E*D	1253,15 ^{ns}	111,32 ^{ns}	0,045 ^{ns}	93,91 ^{ns}	57558 ^{ns}
C*E*D	181,42 ^{ns}	50,91 ^{ns}	0,030 ^{ns}	17,96 ^{ns}	56761 ^{ns}
CV (%)	10,55	23,02	8,42	8,51	15,44

¹Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha⁻¹). ²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. ³ns: não significativo e *: significativo estatisticamente a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor

Na média dos quatro espaçamentos, o acréscimo na densidade de semeadura elevou a densidade de plantas em V3, conforme esperado. Enfatiza-se que a densidade de plantas foi inferior à almejada na semeadura. Cox e Cherney

1 (2011) e Suhre et al. (2014) também obtiveram densidade de plantas no estágio V3,
2 muito abaixo do almejado na semeadura. Para estes autores, muitos fatores bióticos
3 e abióticos interferem no estabelecimento do estande, tais como: mau
4 funcionamento do maquinário, sanidade das sementes, danos por insetos praga,
5 compactação do solo e chuva de granizo.

6 Na safra 2014/15, houve efeito de todos os fatores de forma isolada
7 sobre a densidade de plantas no estágio V3 (Tabela 3.2). Na média dos quatro
8 espaçamentos e três densidades de semeadura, a cultivar BRS 359 RR apresentou
9 maior densidade de plantas em relação à BMX Potência RR. Este resultado pode
10 estar relacionado às diferenças na qualidade fisiológica das sementes,
11 principalmente ao vigor uma vez que os lotes utilizados apresentavam germinação
12 dentro dos padrões de comercialização (SCHEEREN et al., 2010).

13 A maior densidade de plantas constatada no espaçamento reduzido
14 pode ter relação com a maior mobilização do solo e da palhada ocorrida neste
15 espaçamento durante a operação de semeadura. Tendo em vista que nesta safra a
16 área foi irrigada 3 dias antes da implantação do experimento, hipotetiza-se que a alta
17 disponibilidade de água, aliada à maior temperatura edáfica encontrada na fileira de
18 semeadura em virtude do solo descoberto (GASPARIN et al., 2005), possa ter
19 propiciado um ambiente favorável à germinação e emergência das plantas.
20 Adicionalmente, a palha de aveia preta presente na área experimental na segunda
21 safra, provavelmente proporcionou melhor retenção de água no solo, do que a palha
22 de trigo que estava na primeira safra, mesmo nas camadas superficiais.

23 A semeadura em fileiras cruzadas resultou em menor densidade de
24 plantas em relação ao demais espaçamentos. Este resultado é corroborado por
25 Balbinot Junior et al. (2015a) que relataram redução na densidade de plantas em
26 semeadura cruzada, em virtude da mobilização do solo já semeado e compactação
27 adicional imposta pelo rodado do trator na segunda passada da semeadora.
28 Portanto, o cruzamento das fileiras prejudica o estabelecimento do estande
29 almejado, podendo elevar os custos para obtenção do estande adequado ou resultar
30 em um arranjo espacial de plantas desuniforme.

31 Nota-se que a densidade de plantas no ano de 2014/15 é mais
32 próxima do valor almejado na semeadura do que na safra anterior. O
33 estabelecimento adequado do estande na segunda safra, provavelmente, ocorreu
34 em função da irrigação realizada antes da semeadura, em virtude da baixa

precipitação pluvial ocorrida no mês de outubro (Figura 3.1b) e da palhada residual da aveia preta cultivada no inverno, que proporcionou melhor manutenção da umidade e temperatura do solo.

Na safra 2013/14 não houve interação entre os fatores para o número de vagens por planta. O espaçamento reduzido apresentou o maior número, não diferindo estatisticamente do fileira dupla. Provavelmente a menor densidade de plantas obtida nesses dois espaçamentos em relação aos demais tenha influenciado mais o número de vagens que propriamente o espaçamento entre fileiras.

Tabela 3.2 – Densidade de plantas no estágio V3 (mil plantas ha⁻¹) (DP), taxa de mortalidade de plantas (%) (MORT), número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), massa de mil grãos (g) (M1000), índice de colheita aparente (ICA) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de cultivares de soja em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas. Londrina-PR, Safra 2014/15.

Fator de variação	DP	NVP	NGV	M1000	MORT	ICA	PROD
Cultivar							
BMX Potência RR	295,63 B ²	45,91	2,46	120,68 B	10,27	0,47 B	2855 B
BRS 359 RR	339,43 A	29,60	2,47	164,64 A	10,44	0,52 A	3355 A
Espaçamento (m)							
0,2	379,63 A	32,25	2,51	146,84	16,55	0,49	2985
0,2/0,8	326,47 B	39,46	2,44	137,39	6,75	0,5	3201
0,5	302,77 B	39,79	2,43	142,60	7,39	0,49	3096
0,5 cruzado	261,27C	39,51	2,49	143,82	10,73	0,5	3138
Densidade¹							
150	167,5 C	57,66	2,52	135,75 B	6,06	0,5	2995
300	311,1 B	33,45	2,44	144,19 A	11,96	0,49	3157
450	474,0A	22,16	2,45	148,04 A	13,04	0,5	3163
Quadrados Médios							
C	3107,3*	4789,4*	0,004 ^{ns}	34770*	0,54 ^{ns}	0,05*	4491733*
E	3950,8*	242,6*	0,02 ^{ns}	279,2 ^{ns}	361,8*	0,001 ^{ns}	148211 ^{ns}
D	50805,1*	7895,5*	0,04 ^{ns}	948,9*	338,1*	0,003 ^{ns}	216384 ^{ns}
C*E	451,59 ^{ns3}	217,90*	0,007 ^{ns}	133,69 ^{ns}	1,51 ^{ns}	0,002 ^{ns}	378958 ^{ns}
C*D	2113,87 ^{ns}	378,25*	0,041 ^{ns}	30,55 ^{ns}	3,50 ^{ns}	0,002 ^{ns}	259209 ^{ns}
E*D	16182,81 ^{ns}	107,19*	0,019 ^{ns}	46,02 ^{ns}	4,95*	0,0006 ^{ns}	84223 ^{ns}
C*E*D	655,52 ^{ns}	68,85 ^{ns}	0,006 ^{ns}	293,58 ^{ns}	1,52 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	138822 ^{ns}
CV (%)	13,1	17,79	5,29	7,67	42,11	4,29	13,34

¹Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha⁻¹). ²Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. ³ns: não significativo e *: significativo estatisticamente a 5% de significância.

Fonte: o próprio autor

Com o aumento da densidade de plantas, reduz-se a participação de cada planta para a produção final (COX; SHERNEY; SHIELDS, 2010), por isso o

1 número de vagens por planta na safra 2013/14 foi reduzido com o aumento da
2 densidade (Tabela 3.1). Esse resultado evidencia que as cultivares utilizadas,
3 embora apresentem tipo de crescimento indeterminado, ciclo precoce e arquitetura
4 foliar mais compacta do que cultivares mais antigas, possuem alta plasticidade, que
5 permite efeito de compensação a ampla redução na densidade de plantas pela
6 maior emissão de vagens. Tal informação é relevante para a cadeia produtiva, pois o
7 custo das sementes tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, em função
8 do tratamento e da biotecnologia (DE LUCA; NOGUEIRA; HUNGRIA, 2014). A alta
9 plasticidade fenotípica das cultivares de soja pode ser uma ferramenta para mitigar
10 os custos com a semeadura, permitindo a adoção de menores densidades de
11 semeadura, sem que haja redução na produtividade (BOARD; KAHN, 2013; DE
12 BRUIN; PEDERSEN, 2008; DE LUCA; HUNGRIA, 2014).

13 Na safra 2014/15 houve interação entre cultivar e espaçamento,
14 cultivar e densidade de semeadura e densidade de semeadura e espaçamento entre
15 fileiras para o número de vagens por planta (Tabela 3.3). Na cultivar BMX Potência
16 RR, o espaçamento de fileira dupla apresentou maior número de vagens por planta
17 do que o reduzido. Na cultivar BRS 359 RR, o espaçamento reduzido resultou em
18 menor número de vagens por planta do que os espaçamentos tradicional e cruzado.
19 Em todos os arranjos, a cultivar BRS 359 RR apresentou menor número de vagens
20 por planta em relação à BMX Potência RR.

21 Como na safra 2014/15 a densidade de plantas esteve próxima do
22 almejado na semeadura, nota-se que o resultado do número de vagens por planta
23 no espaçamento reduzido foi oposto ao ocorrido na safra anterior. Nesta condição, a
24 melhor distribuição das plantas na área propiciou menor penetração de luz criando
25 um ambiente desfavorável à ramificação (BALBINOT JUNIOR et al., 2015b).

26 Possivelmente a BMX Potência RR, por ser uma cultivar de maior
27 porte e crescimento mais vigoroso, apresentou maior ramificação e crescimento
28 vegetativo do que a BRS 359 RR, que resultou em maior número de vagens por
29 planta em todos os espaçamentos e densidades. Além disso, a BMX Potência RR
30 teve maior habilidade em ocupar o espaço de 0,8 m nas entre fileiras de cada fileira
31 dupla, possibilitando maior número de vagens por planta nesse espaçamento.

1 Tabela 3.3 – Número de vagens por planta de soja em resposta às interações entre:
 2 Cultivar e espaçamento entre fileiras, cultivar e densidade de semeadura e
 3 densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras. Londrina-PR, safra 2014/15.

Cultivares			
Espaçamento (m)	BMX Potência RR	BRS 359 RR	
0,2	42,46 Ba ²	22,05 Bb	
0,2/0,8	51,31 Aa	27,60 ABb	
0,5	46,06 ABa	33,53 Ab	
0,5 cruzado	43,81 ABa	35,21 Ab	
p-valor	0,0052		
Densidade ¹			
150	69,92 Aa	45,40 Ab	
300	41,32 Ba	25,57 Bb	
450	26,49 Ca	17,83 Cb	
p-valor	0,0008		
Densidade ¹			
Espaçamento (m)	150	300	450
0,2	48,15 Ba	31,36 Ab	17,25 Ac
0,2/0,8	59,79 Aa	31,24 Ab	27,36 Ab
0,5	64,96 Aa	34,36 Ab	20,07 Ac
0,5 cruzado	57,74 ABa	36,83 Ab	23,96 Ac
p-valor	0,0439		
CV (%)	17,79		

4 ¹ Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha⁻¹). ² Médias seguidas pela mesma letra,
 5 maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste
 6 de Tukey.

7 Fonte: o próprio autor

8

9 Da mesma forma que o ocorrido em 2013/14, em ambas cultivares,
 10 o número de vagens por planta foi reduzido à medida que aumentou-se a densidade
 11 de semeadura. Na interação entre espaçamento e densidade, nota-se que em todos
 12 os espaçamentos o aumento da densidade causou redução no número de vagens
 13 por planta. Na densidade de 150 mil sementes viáveis ha⁻¹, o espaçamento reduzido
 14 resultou em menor número de vagens por planta, sem diferir-se estatisticamente do
 15 cruzado, enquanto que nas demais densidades não houve diferença entre os
 16 espaçamentos.

17 O número de grãos por vagem, não foi afetado pelo arranjo espacial
 18 de plantas em nenhuma das safras (Tabelas 3.1 e 3.2). Na safra 2013/14 a BMX
 19 Potência RR apresentou maior número de grãos por vagem (2,33) que a BRS 359
 20 RR (2,14) (Tabela 3.1). Provavelmente a BMX Potência RR, por ter duração do ciclo
 21 maior que a BRS 359 RR, teve o período de desenvolvimento das vagens menos

afetado pelo severo déficit hídrico ocorrido em meados de janeiro e fevereiro (Figura 3.2a), resultando em menor porcentagem de grãos vazios. Salienta-se que nesta condição de baixa disponibilidade hídrica, nenhum dos arranjos espaciais testados propiciou um ambiente mais adequado ao desenvolvimento a ponto de elevar o número de grãos por vagem.

Na safra 2014/15, com a melhor distribuição da precipitação pluvial (Figura 3.1b), houve condição mais adequada para o desenvolvimento dos grãos, e com isso não houve diferença entre as cultivares para o número de grãos por vagem (Tabela 3.2).

Houve interação entre cultivar e espaçamento entre fileiras na safra 2013/14 para a variável massa de mil grãos. Na BMX Potência RR não houve diferença entre os espaçamentos, enquanto que na BRS 359 RR o espaçamento tradicional foi superior ao reduzido e fileira dupla (Tabela 3.4). Destaca-se que nesta safra, nenhum dos espaçamentos testados apresentou maior massa de mil grãos do que o tradicional, em ambas cultivares.

Tabela 3.4 – Massa de mil grãos (g) de soja influenciada pela interação entre cultivar e espaçamento entre fileiras. Londrina-PR, safra 2013/14.

Espaçamento (m)	Cultivares	
	BMX Potência RR	BRS 359 RR
0,2	86,67 Aa ¹	83,54 Ba
0,2/0,8	93,17 Aa	90,10 Ba
0,5	85,13 Ab	100,22 Aa
0,5 cruzado	88,63 Aa	91,74 ABa
p-valor	0,0022	
CV (%)	8,51	

¹ Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

Fonte: o próprio autor

Na safra 2014/15, não houve interação entre os fatores para a massa de mil grãos, mas foi constatado efeito isolado de cultivares e densidade de semeadura. A cultivar BRS 359 RR, na média de todos os arranjos espaciais, apresentou maior massa de mil grãos do que a BMX Potência RR (Tabela 3.2). Provavelmente este resultado é devido às plantas experimentarem quantitativamente fotoperíodos cada vez mais curtos à medida que se afastaram do solstício de verão, o que conseqüentemente reduz o enchimento de grãos, conforme discutido por

1 Ludwig et al. (2007), tendo em vista que na segunda safra a semeadura ocorreu 19
2 dias mais tarde do que na safra anterior e as cultivares apresentam diferentes
3 grupos de maturidade relativa.

4 Na menor densidade de semeadura, a massa de mil grãos foi inferior
5 às densidades de 300 e 450 mil sementes viáveis ha⁻¹ (Tabela 3.2). Esperava-se
6 que a massa de mil grãos fosse reduzida com o aumento da densidade, devido à
7 elevação da competição intraespecífica pelos recursos disponíveis no ambiente. No
8 entanto os resultados deste estudo são corroborados por De Bruin e Pedersen
9 (2008) e Ferreira et al. (2015) que obtiveram acréscimo na massa de mil sementes
10 com aumento na densidade de semeadura.

11 Em plantas cultivadas sob menores densidades, há maior
12 porcentagem de grãos oriundos das ramificações (PROCOPIO et al., 2013;
13 BALBINOT JUNIOR et al., 2015a) os quais possuem menor força de demanda de
14 fotoassimilados, comparativamente aos da haste principal (BALBINOT JR. et al.,
15 2015a), justificando a menor massa de mil grãos em menores densidades. Para
16 Tourino et al (2002) a elevação na massa dos grãos em função do aumento da
17 densidade ocorre devido ao menor número de vagens por planta competindo por
18 fotoassimilados e conseqüentemente maior concentração destes nos grãos.

19 Houve interação entre espaçamento e densidade para a taxa de
20 mortalidade de plantas (Tabela 3.5). De maneira geral, o espaçamento reduzido,
21 quando aliado a altas densidades de semeadura, proporcionou alta taxa de
22 mortalidade. De acordo com Balbinot Junior et al. (2015b) o uso de altas densidades
23 de plantas, associado ao espaçamento reduzido, acentua demasiadamente a
24 competição intraespecífica, ocasionando maior taxa de mortalidade de plantas.

25 Provavelmente isso ocorre porque, nessa situação, a distância entre
26 plantas na linha de semeadura e entre linhas é pequena, reduzindo a intensidade e
27 qualidade da luz, além disso, a competição por água e nutrientes também é
28 acentuada, o que gera maior número de plantas dominadas e acentua a
29 mortalidade, principalmente sob condições ambientais limitantes. Nos espaçamentos
30 tradicional, fileiras duplas e cruzado, a elevada densidade de plantas não elevou a
31 taxa de mortalidade, evidenciando que para a definição da densidade de plantas,
32 deve-se considerar o espaçamento entre fileiras adotado.

1 Tabela 3.5 – Taxa de mortalidade de plantas de soja (%) influenciada pela interação
 2 entre espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura. Londrina-PR, safra
 3 2014/15.

Espaçamento (m)	Densidade ¹		
	150	300	450
0,2	3,28 Ab ²	18,63 Aa	27,75 Aa
0,2/0,8	6,52 Aa	8,37 Aa	5,38 Ba
0,5	5,2 Aa	9,34 Aa	7,63 Ba
0,5 cruzado	9,27 Aa	11,49 Aa	11,42 Ba
p-valor	0,007		
CV (%)	42,11		

4 ¹ Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha⁻¹). ² Médias seguidas pela mesma letra,
 5 maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste
 6 de Tukey.

7 Fonte: o próprio autor

8

9 As cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR apresentaram ICA de
 10 0,47 e 0,52, respectivamente (Tabela 3.2). De acordo com Hay (1995) os valores do
 11 ICA para a maioria das culturas graníferas situa-se entre 0,4 e 0,6, e os valores são
 12 influenciados pela constituição genética e pelo ambiente de produção. No entanto,
 13 no presente estudo, o ICA foi influenciado somente pelo genótipo, não apresentando
 14 variação com o arranjo espacial de plantas. Esse resultado, demonstra a elevada
 15 plasticidade fenotípica das cultivares utilizadas, uma vez que a alocação de
 16 fitomassa entre estruturas reprodutivas e vegetativas permaneceu constante, mesmo
 17 com uso de arranjos espaciais discrepantes. Um fator positivo relacionado a essa
 18 característica é que mesmo em situações de falha de estande ou com alta
 19 densidade de plantas, a porcentagem de fitomassa alocada nos grãos permanece
 20 constante. Por outro lado, um aspecto prático negativo relacionado a esse fato, é de
 21 que não há como alterar o arranjo de plantas com vista a aumentar a alocação de
 22 fitomassa nos grãos, em detrimento das estruturas vegetativas das plantas.

23 Na safra 2013/14, a produtividade de grãos foi influenciada pelas
 24 interações entre os fatores cultivar e espaçamento entre fileiras, e entre cultivar e
 25 densidade de semeadura (Tabela 3.6). A cultivar BMX Potência RR apresentou
 26 menor produtividade no fileira dupla em relação aos demais espaçamentos. Neste
 27 tratamento não ocorreu o fechamento total do dossel devido à ampla distância entre
 28 cada fileira dupla (0,8 m), provavelmente, devido à baixa disponibilidade hídrica
 29 ocorrida nesta safra.

30 Na BRS 359 RR, a maior produtividade foi obtida com espaçamento

1 tradicional e a menor com fileiras duplas, embora esta não tenha diferido
 2 estatisticamente do espaçamento reduzido. A maior produtividade obtida com o
 3 espaçamento tradicional, está relacionada à maior massa de mil grãos obtida nesse
 4 tratamento (Tabela 3.5).

5 Procopio et al. (2014) não obtiveram diferenças na produtividade de
 6 fileiras duplas espaçadas em 0,20/0,40 m e 0,20/0,60 m quando comparadas com o
 7 espaçamento de 0,40 m. Entretanto, no presente estudo, houve redução na
 8 produtividade de fileiras duplas na safra 2013/14. Possivelmente a distância de 0,8
 9 m entre cada fileira dupla, não seja a ideal para as condições nas quais o sistema foi
 10 testado. A área não coberta pelo dossel, no espaçamento de fileiras duplas, nesta
 11 safra com condições climáticas extremamente desfavoráveis, foi determinante para
 12 que não houvesse o máximo aproveitamento recursos ambientais disponíveis, além
 13 de favorecer a evaporação da água presente no solo, culminando em redução de
 14 produtividade em ambas as cultivares.

15
 16 Tabela 3.6 – Produtividade de soja (kg ha^{-1}) influenciada pela interação entre
 17 cultivares e espaçamentos entre fileiras e entre cultivares e densidades de
 18 sementeira. Londrina-PR, safra 2013/14.

Espaçamento (m)	Cultivares	
	BMX Potência RR	BRS 359 RR
0,2	1713 Aa ²	1567 BCa
0,2/0,8	1047 Bb	1465 Ca
0,5	1770 Ab	2156 Aa
0,5 cruzado	1922 Aa	1815 Ba
p-valor	0,0012	
Densidade ¹		
150	1664 Aa	1556 Ba
300	1573 Aa	1712 Ba
450	1602 Ab	1984 Aa
p-valor	0,0082	
CV (%)	15,44	

19 ¹ Densidade de sementeira (mil sementes viáveis ha^{-1}). ² Médias seguidas pela mesma letra,
 20 maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste
 21 de Tukey.

22 Fonte: o próprio autor

23
 24 De acordo com Suhre et al. (2014) as maiores produtividades são
 25 obtidas em soja, quando ocorre fechamento do dossel até o início do
 26 desenvolvimento das vagens, estágio R3, podendo ocorrer redução na produtividade

1 caso não ocorra fechamento até o início do enchimento de grãos, estágio R5. A
2 maior desvantagem do uso de fileiras duplas é a possibilidade de maior infestação
3 de plantas daninhas e a perda da radiação que não é interceptada pela comunidade
4 de plantas, em virtude do atraso no fechamento das entre fileiras, conforme discutido
5 por Procopio et al. (2014).

6 De acordo com Balbinot Junior e Fleck (2005b) para que as
7 alterações no arranjo espacial resultem em acréscimo de produtividade, é
8 necessário que haja rápido fechamento do dossel, reduzindo as perdas por
9 evaporação e otimizando a interceptação da radiação solar incidente.

10 De maneira geral, na safra 2013/14, devido ao severo déficit hídrico
11 associado a altas temperaturas (Figura 3.2a), o espaçamento reduzido, prejudicou a
12 produção de grãos na BRS 359 RR. Para Rambo et al. (2004), a redução do
13 espaçamento entre fileiras, em uma mesma população de plantas, distribui melhor
14 as plantas na área. Desta forma, reduz-se a competição intraespecífica, pela maior
15 aproximação da equidistância entre as plantas dentro da mesma fileira e com as
16 plantas de outras fileiras e pela maior eficiência do uso da água (ZHOU; CHENG;
17 OUYANG, 2015). Contudo, para De Bruin e Pedersen (2008) a resposta da soja à
18 redução no espaçamento é variável entre safras, locais, cultivares, época de
19 semeadura e manejo do solo.

20 Já o espaçamento em fileiras cruzadas, em ambas cultivares, não
21 resultou em acréscimos de produtividade quando comparado com o tradicional,
22 sendo portanto menos eficiente na produção de grãos, pois o mesmo apresenta
23 maior custo operacional, e menor receita líquida do que a semeadura em fileiras
24 paralelas (SILVA et al., 2015). Enfatiza-se que a semeadura cruzada reduz a
25 capacidade operacional de semeadura pela metade, além de dobrar o trânsito de
26 máquinas na semeadura, favorecendo a compactação do solo. Finalmente, ressalva-
27 se que na semeadura cruzada há maior mobilização do solo, o que pode favorecer a
28 erosão e emergência de plantas daninhas nas linhas de semeadura (PROCOPIO et
29 al., 2013).

30 A produtividade da cultivar BRS 359 RR não diferiu-se da BMX
31 Potência RR nos espaçamentos reduzido e cruzado e foi superior no fileiras duplas e
32 tradicional (Tabela 3.6). Tal resultado evidencia que a resposta da soja às alterações
33 no arranjo espacial é variável entre os genótipos, sobretudo aos de diferente grau de
34 maturidade relativa.

1 A produtividade da cultivar BRS 359 RR foi superior à da BMX
2 Potência RR na maior densidade de semeadura, sem diferir-se nas demais
3 densidades. Na comparação das densidades em cada cultivar, nota-se que a
4 densidade de semeadura não alterou a produtividade da BMX Potência RR. No
5 entanto na BRS 359 RR a maior produtividade foi obtida com 450 mil sementes
6 viáveis ha⁻¹. Ressalta-se que esta densidade de semeadura resultou em uma
7 densidade de plantas, em V3, de aproximadamente 390 mil plantas ha⁻¹, quase 50%
8 maior que o máximo recomendado para esta cultivar na região de Londrina.

9 Na safra 2013/14 houve baixa precipitação pluvial, associada a altas
10 temperaturas, na fase de enchimento de grãos - segundo decêndio de janeiro ao
11 segundo decêndio de fevereiro (Figura 3.1a). É provável que na maior densidade de
12 plantas houve aprofundamento das raízes da soja durante a fase vegetativa, em
13 decorrência da maior competição intraespecífica, como discutido por CARLESSO
14 (1995), proporcionando maior volume de solo explorado na fase de estresse hídrico.
15 Adicionalmente, as variações de índice de área foliar (IAF) e transpiração na fase de
16 enchimento de grãos são pouco afetados pela densidade de plantas quando as
17 condições climáticas permitem adequado crescimento da soja na fase vegetativa,
18 em função da plasticidade fenotípica (PROCÓPIO et al., 2013), o que ocorreu na
19 safra 2013/14.

20 É provável, portanto, que com o aumento da densidade houve maior
21 exploração da água no solo em maiores profundidades e, por outro lado, o consumo
22 de água foi pouco afetado pela densidade de plantas, melhorando o suprimento
23 hídrico nas plantas cultivadas em maiores densidades. Board e Kahlon (2013)
24 corroboram tais afirmações, pois de acordo com esses autores, quanto mais
25 desfavoráveis são as condições de ambiente à soja, maiores são as densidades
26 ótimas para expressão de altas produtividades de grãos, compensando o menor
27 crescimento e produção por planta pela maior quantidade de plantas na área. No
28 entanto em uma condição adequada de desenvolvimento durante a fase reprodutiva
29 da soja, provavelmente as maiores produtividades ocorreriam com densidades
30 menores do que a de 450 mil sementes viáveis ha⁻¹.

31 Em relação à safra 2014/15, não houve influência do arranjo
32 espacial na produtividade, mas houve efeito de cultivares. Na média de todos os
33 arranjos, a BRS 359 RR produziu 500 kg ha⁻¹ a mais do que a BMX Potência RR
34 (Tabela 3.2).

1 Salienta-se que em nenhuma das safras, os novos espaçamentos
2 testados superaram a produtividade do espaçamento tradicional. Além disso, o
3 acréscimo de produtividade obtido com a maior densidade na BRS 359 RR em
4 2013/14 não se repetiu na segunda safra. Tais fatos, aliado à falta de maquinário
5 para a semeadura em fileiras duplas e reduzido e às dificuldades na operação de
6 semeadura do espaçamento cruzado indicam a maior eficiência do espaçamento
7 tradicional de 0,45 e 0,5 m, já adotado pelos agricultores.

8 A alta plasticidade fenotípica das cultivares BMX Potência RR e BRS
9 359 RR constatada nesta pesquisa, indica que o cultivo de soja com densidades
10 abaixo do recomendado pode propiciar elevadas produtividades com redução no
11 custo de semeadura. Entretanto mais pesquisas são necessárias para buscar a
12 densidade de plantas mínima ótima para as cultivares atualmente utilizadas no
13 Brasil, além de avaliar os efeitos da redução na densidade de semeadura em
14 relação à qualidade de sementes e ao crescimento e distribuição do sistema de
15 raízes.

16 É importante ressaltar que o déficit hídrico ocorrido durante o
17 período de enchimento de grãos, em ambas as safras (Figura 3.2), pode ter limitado
18 a magnitude da resposta da soja aos arranjos de plantas. Os dois períodos mais
19 sensíveis da soja à falta de água no solo são semeadura-emergência e
20 florescimento-final de enchimento de grãos, porque influenciam diretamente na
21 formação dos componentes do rendimento (NEUMAIER et al., 2000).

22 23 3.5 CONCLUSÕES

24
25 As cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR apresentam alta
26 plasticidade fenotípica, permitindo grandes alterações no espaçamento entre fileiras
27 e densidade de semeadura sem grandes modificações na produtividade.

28 Os espaçamentos reduzido, fileiras duplas e cruzado não favorecem
29 o desempenho produtivo em relação ao espaçamento tradicional para ambas
30 cultivares.

31 A semeadura cruzada prejudica o estabelecimento do estande de
32 plantas e o reduzido quando associado a alta densidade favorece a mortalidade de
33 plantas.

1 A redução na densidade de semeadura eleva o número de vagens
2 por planta, em ambas cultivares.

3 O número de grãos por vagem e o índice de colheita não são
4 influenciados pelo arranjo espacial de plantas.

6 3.6 REFERÊNCIAS

8 ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration -
9 guidelines for computing crop water requirements** **FAO irrigation and drainage
10 paper 56**. 1998. (Relatório Técnico, FAO - Food and Agriculture Organization of
11 United Nations)

12 BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho
13 (Zea mays) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta
14 Daninha**, v.23, n.3, p. 415-421, 2005a.

15 BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de
16 milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos
17 genótipos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 245-252, 2005b.

18 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASI, H.
19 **Semeadura cruzada na cultura da soja**. Londrina, EMBRAPA SOJA, 2013.
20 (Circular técnica 98).

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

24 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCOPIO, S.O.; COSTA, J.M.; KOSINSKI, C.L.;
25 PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Espaçamento reduzido e plantio
26 cruzado associados a diferentes densidades de plantas de soja. **Semina Ciências
27 Agrárias**, v.36, n.5, p.2977-2986, 2015b.

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

31 BOARD, J.E.; KAHLON, C.S. Morphological responses to low plant population differ
32 between soybean genotypes. **Crop Science**, v.53, n.3, p.1109-1119, 2013.

33 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise
34 de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de
35 Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

36 BRASMAX. **Características e posicionamento de cultivares**. 2014. Disponível em:
37 http://www.brasmaxgenetica.com.br/archivos/manejo/manejo_21.pdf Acesso em
38 11/07/14

- 1 BRECKE, B.J.; STEPHENSON, D.O. Weed management in single vs. twin row
2 peanut (*Arachis hipogaea*). **Weed Technology**, v.20, n.2, p.368-376, 2006.
- 3 BRUNS, H.A. Comparisons of single-row and twin row soybean production in the
4 Mid-South. **Agronomy Journal**, Madison, v.103, n.3, p.702-708, 2011.
- 5 CALISKAN, S.; ARSLAN, M.; UREMIS, I.; CALISKAN, M.E. The effects of row
6 spacing on yield and yield components of full season and double-cropped soybean.
7 **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v.31, n.3, p.147-154, 2007.
- 8 CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e
9 a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p.183-188, 1995
- 10 COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Growth and yield responses of soybean to row spacing
11 and seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v. 103, n. 1, p. 123-128, 2011.
- 12 COX, W.J.; CHERNEY, J.H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding
13 rate but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n. 4, p.
14 1238- 1243, 2010.
- 15 CULTIVAR. Produtividade máxima. **Revista cultivar – grandes culturas**, ano 12, n.
16 136, p. 34. 2010.
- 17 DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean
18 yield. **Agronomy Journal**, v.100, n.3, p.704-10, 2008.
- 19 DE LUCA, M.J.; HUNGRIA, M. Plant densities and modulation of symbiotic nitrogen
20 fixation in soybean. **Scientia Agricola**, v.71, n.3, p.181-187, 2014.
- 21 DE LUCA, M.J.; NOGUEIRA, M.A.; HUNGRIA, M. Feasibility of lowering soybean
22 planting density without compromising nitrogen fixation and yield. **Agronomy**
23 **Journal**, v.106, n.6, 2118-2124, 2014.
- 24 EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de**
25 **Produção de Soja** - Região Central do Brasil 2012 e 2013. Londrina: Embrapa Soja,
26 2011. 261 p.
- 27 EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivares de soja**
28 **Macrorregiões 1, 2 e 3 Centro-Sul do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 61p.
- 29 FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO,
30 C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico
31 nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,
32 v.9, p.415-421, 2001.
- 33 FERREIRA, A.S; WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; ZUCARELI, C.; AGUIAR
34 E SILVA, M.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; COELHO, A.E. Densidade de
35 plantas afetando o tamanho e a retenção de clorofila em grãos de soja. In:
36 Congresso Brasileiro de Soja, VII, Florianópolis. **Anais...**, Londrina: Embrapa Soja,
37 2015.

- 1 FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; SILVA, R.P.; CORTEZ, J.W.
2 Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de
3 inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p.375-380, 2008.
- 4 GASPARIN, E.; RICIARI, R.P.; SILVA, S.L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E.
5 Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu.
6 **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n. 1, p.107-115, 2005.
- 7 GRATEROL, Y.E.; ELMORE, R.W.; EISENHAUER D.E. Narrow-row planting
8 systems for furrow irrigated soybean. **Journal of production agriculture**, v.9, n.4, p.
9 546-552, 2013.
- 10 HAY, R.K.M. Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop
11 physiology. **Annals of Applied Biology**, v.126, p.197-216, 1995.
- 12 HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE,
13 S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos
14 espaciais. **Bragantia**, v.65, n.2, p.285-295, 2006.
- 15 HOLTZ, V.; COUTO, R.F.; OLIVEIRA, D.G.; REIS, E.F. Deposição de calda de
16 pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais.
17 **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p.1371-1376, 2014.
- 18 LIMA, S.F; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G.F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S.
19 Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a
20 severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, p.954-962,
21 2012.
- 22 LINZMEYER JUNIOR, R.; GUIMARÃES, V.D.; SANTOS, D.; BENCKE, M.R.
23 Influência de retardante vegetal e densidades de plantas sobre o crescimento,
24 acamamento e produtividade da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.3, p.
25 373-379, 2008.
- 26 LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D.; FARIAS, J.R.;
27 LOSEKANN, M.E.; STEFANELO, C.; LUCCA FILHO, O.A. Efeito da densidade de
28 semeadura e genótipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja
29 semeada após a época indicada. **Revista da FSV**, v.14, n.2, p.13-22, 2007.
- 30 NELSON, K.A. Glyphosate application timings in twin- and single-row corn and
31 soybean spacings. **Weed Technology**, v.21, n. 1, p.186-190, 2007.
- 32 NELSON, K.A.; SMOOT, R.L. Twin- and single-row corn production in northeast
33 Missouri. **Crop Management**, v.8, n.1, p. 116-134, 2009.
- 34 NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L.; FARIAS, J.R.B; OYA, T. Estádios de
35 desenvolvimento da cultura da soja. In: Bonatto, E.R. **Estresses em soja**. Passo
36 Fundo: Embrapa Trigo, 2000, p.19-44.
- 37 PARCIANELLO, G.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K.
38 Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre
39 fileiras. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.357-364, 2004.

- 1 PIRES, J.L.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L. Rendimento de grãos de soja influenciado
2 pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.
3 4, n. 2, p. 183-188, 1998.
- 4 PROCOPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.;
5 PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de
6 crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias (Belém)**, v.56, n.4,
7 p.319-325, 2013.
- 8 PROCOPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.;
9 PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da
10 soja. **Agro@mbiente online**, v.8, n.2, p.212-221, 2014.
- 11 RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G.
12 Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes
13 arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.33-40, 2004.
- 14 REDDY, K.N.; BOYKIN, J.C. Weed control and yield comparisons of twin- and single-
15 row Glyphosate-resistant cotton production system. **Weed Techonology**, v.24, n.2,
16 p.95-101, 2010.
- 17 RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean**
18 **plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology:
19 Cooperative Extension Service, 1994. 20p. (Special Report, 53).
- 20 SANTOS, H.G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília:
21 EMBRAPA, 2013. 353 p.
- 22 SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Qualidade
23 fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**,
24 v.32, n.3, p.35-41, 2010.
- 25 SILVA, G.S.; CECÍLIO FILHO, A.B.; BARBOSA, J.C.; ALVES, A.U. Espaçamentos
26 entrelinhas e entre plantas no crescimento e na produção de repolho roxo.
27 **Bragantia**, v.70, n.3., p.538-543, 2011.
- 28 SILVA, P.R.A.; TAVARES, L.A.F.; SOUSA, S.F.G.; CORREIA, T.P.S; RIQUETTI,
29 N.B. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura da soja. **Revista Brasileira de**
30 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.3, p.293-297, 2015.
- 31 SOUZA, C.A.; GAVA, F.; CASA, R.T.; BOLZAN, J.M.; KUHNEM JUNIOR, P.R.
32 Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready TM. **Planta**
33 **Daninha**, v.28, n.4, p.887-896, 2010.
- 34 STÜRMER, G.R.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SARI, B.G.; BURTET, L.M.; GUEDES,
35 J.V.C. Eficiência do pano-de-batida na amostragem de insetos-praga de soja em
36 diferentes espaçamentos entre linhas e cultivares. **Semina Ciências Agrárias**,
37 Londrina, v. 35, n.3, p.1177-1186, 2014.
- 38 SUHRE, J.J.; WEIDENBENNER, N.H.; ROWNTREE, S.C.; WILSON, E.W.; NAEVE,
39 S.L.; CONLEY, S.P.; CASTEEL, S.N.; DIERS, B.W.; ESKER, P.D.; SPECHT, J.E.;
40 DAVIS, V.M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and

- 1 seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, n.5, p.1631-1642, 2014.
- 2 THOMPSON, N.M; LARSON, J.A.; LAMBERT, D.M.; ROBERTS, R.K.; MENGISTU,
3 A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E.R. Mid-South soybean yield and net return as
4 affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, v. 107, n.3,
5 p.979-989, 2015.
- 6 THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel
7 Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955 104p. (Publications in
8 Climatology, vol III, n.1).
- 9 VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAZ, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de
10 rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos
11 espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.195-199, 1999.
- 12 ZHOU, X.B.; CHEN, Y.H.; OUYANG, Z. Spacing between rows: effects on water-use
13 efficiency of double-cropped wheat and soybean. **Journal of Agricultural Science**,
14 v. 153, n.1, p.90-101, 2015.

4 ARTIGO B

CONTRIBUIÇÃO DOS RAMOS E DA HASTE NA PRODUÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA EM DIFERENTES ARRANJOS ESPACIAIS

4.1 RESUMO E ABSTRACT

A cultura da soja apresenta alta plasticidade fenotípica, que consiste na habilidade da planta alterar sua morfologia e componentes de rendimento a fim de adequá-los às condições impostas pelo ambiente. O conhecimento sobre as alterações nos componentes de rendimento nos ramos e na haste de forma segregada, provocadas pela mudança no arranjo espacial de plantas de soja é incipiente. O objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de rendimento dos ramos e da haste e a participação dos ramos na produção de grãos em resposta a diferentes arranjos espaciais de plantas, em duas cultivares de soja com tipo de crescimento indeterminado. O experimento foi conduzido a campo em Londrina-PR durante as safras 2013/14 e 2014/15, em delineamento experimental de blocos casualizados em esquema fatorial 4 x 3 x 2, totalizando 24 tratamentos, com 3 repetições. Os tratamentos foram constituídos de: quatro espaçamentos entre fileiras (0,2 m; 0,2/0,8 m em fileiras duplas; 0,5 m e 0,5 m em semeadura cruzada); três densidades de semeadura (150, 300 e 450 mil sementes viáveis ha⁻¹) e duas cultivares (BMX Potência RR e BRS 359 RR). Avaliaram-se os componentes de rendimento e a porcentagem de vagens vazias, separadamente para a haste principal e os ramos, e a porcentagem da produção de grãos provenientes dos ramos. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey (p<0,05). Alterações nos componentes de rendimento da haste e dos ramos em função de arranjos espaciais, são variáveis entre as cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR. O espaçamento reduzido não favorece a produção de vagens e de grãos nos ramos, mesmo quando associado a baixa densidade de plantas. O número de grãos por vagem oriundas da haste e dos ramos não é alterado pelo arranjo espacial de plantas. O aumento da densidade de semeadura reduz o número de vagens por planta nos ramos em maior magnitude do que na haste principal. O aumento da densidade de semeadura reduz a porcentagem de vagens vazias tanto em ramos quanto na haste principal quando ocorre déficit hídrico no período reprodutivo. A elevação na densidade de semeadura resulta em maior massa de mil grãos, tanto nos ramos quanto na haste principal, no entanto este resultado é variável entre safras. O aumento da densidade de semeadura reduz a participação dos ramos na produção de grãos.

Palavras-chave: Espaçamento entre fileiras. Densidade de semeadura. Semeadura cruzada. Fileiras duplas. Espaçamento reduzido. Partição de fotoassimilados. *Glycine max* (L.) Merrill. Componentes de rendimento.

1 BRANCHES AND MAINSTEM CONTRIBUTIONS TO SOYBEAN GRAIN YIELD IN
 2 DIFFERENT PLANT SPATIAL ARRANGEMENT
 3

4 Abstract: Soybean has a high phenotypic plasticity, wich consists in the plant's ability
 5 to change their morphology and yield components in order to adapt them to the
 6 conditions imposed by the plant spatial arrangement. Knowledge about the changes
 7 in branches and mainstem yield components, separately, caused by modifications in
 8 the plant spatial arrangement is incipient. This research aimes to assess yield
 9 components originating from branches and mainstem as well as the participation of
 10 branches in grain yield in response to different plant spatial arrangement of two
 11 indeterminate growth habit soybean cultivars. The experiment was conducted in
 12 Londrina-PR in 2013/14 and 2014/15 growing season, with randomized complete
 13 block design, in 4 x 3 x 2 fatorial scheme, totaling 24 treatments with 3 replications.
 14 The treatment consists: four row spacing (0,2 m; 0,2/0,8 m in twin rows; 0,5 m; and
 15 0,5 m in crossed rows); three seeding rates (150, 300 and 450 thousand viable
 16 seeds ha⁻¹) and two cultivars (BMX Potência RR and BRS 359 RR). It was assessed:
 17 Yield components and the empty pods percentage separately for the main stem and
 18 branches as well as the percentage of grain yield originating from branches. Data
 19 were submitted to ANOVA and mean comparisons with Tukey (p<0,05). Changes in
 20 yield components of branches and mainstem in response to plant spatial
 21 arrangement are variable among the BMX Potência RR and BRS 359 RR cultivars.
 22 Narrow row spacing does not favor the production of pods and grains in the
 23 branches, even when associated with low seeding rates. The number of grains per
 24 pod originating from branches and mainstem is not changed by plant spatial
 25 arrangement. Increased seeding rate reduces the number of pods per plant in the
 26 branches in higher magnitude than in the mainstem. Increases in seeding rate
 27 reduces the empty pods percentage in the branches and the mainstem when drought
 28 stress occurs during reproductive stages. The increase in seeding rate results in
 29 higher thousand grains weight both in the branches and the mainstem, however this
 30 result is variable between growing seasons. Increased seeding rate reduces the
 31 participation of branches to total yield.
 32

33 Key words: Row spacing. Seeding rate. Crossed rows. Twin rows. Narrow rows.
 34 Photoassimilates partitioning. *Glycine max* (L.) Merril. Yield components.
 35

36 4.2 INTRODUÇÃO
 37

38 O arranjo espacial de plantas pode ser modificado pela variação da
 39 densidade de plantas e do espaçamento entre fileiras, alterando a área e a forma da
 40 área disponível para cada planta, o que se reflete em competição intraespecífica
 41 diferenciada (RAMBO et al., 2003). Dessa forma, o arranjo pode afetar o
 42 crescimento, o desenvolvimento e a produtividade de grãos (DE BRUIN;
 43 PEDERSEN, 2008; THOMPSON et al., 2015; ZHOU; CHEN; OUYANG, 2015), em
 44 função do melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, como luz, água e
 45 nutrientes (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a).

1 Os resultados positivos obtidos com os ajustes no arranjo de plantas
2 das culturas estão associados, de acordo com Rambo et al. (2004) e Balbinot Jr. e
3 Fleck (2005), a vários fatores, tais como: melhor uso da água, em razão do
4 fechamento mais rápido do dossel e redução de perdas por evaporação; maior
5 cobertura do solo; melhor distribuição horizontal de raízes; redução da competição
6 intraespecífica; melhor aproveitamento dos nutrientes presentes no solo; e maior
7 interceptação da radiação solar pelas culturas.

8 Diversas pesquisas têm sido conduzidas, no Brasil (BALBINOT
9 JUNIOR et al., 2015a; PROCOPIO et al., 2014; SILVA et al., 2015) e no exterior
10 (BRUNS, 2011a; COX; SHERNEY; SHIELDS, 2010; DE BRUIN; PEDERSEN, 2008;
11 SUHRE et al., 2014; THOMPSON et al., 2015) em busca do arranjo de plantas ideal
12 em soja, visando a elevação da produtividade de grãos aliada à redução na
13 densidade de plantas, em função do alto custo de sementes geneticamente
14 modificadas. Dentre os espaçamentos estudados, destacam-se a semeadura em
15 fileiras duplas, desenvolvida e utilizada nos EUA (BRUNS, 2011a, 2011b), a
16 semeadura cruzada, surgida no Brasil na safra 2009/10 (LIMA et al., 2012; SILVA et
17 al., 2015) e o espaçamento reduzido (BALBINOT JUNIOR et al., 2015b; HANNA et
18 al., 2008; HEIFFIG et al., 2006; RAMBO et al., 2004).

19 A cultura da soja apresenta alta plasticidade fenotípica em relação
20 às alterações no arranjo espacial de plantas, sobretudo na densidade de plantas
21 (COX; CHERNEY, 2011; LEE; EGLI; TEKRONY, 2008; SUHRE et al., 2014;
22 THOMPSON et al., 2015). Esta plasticidade consiste na habilidade de a planta
23 alterar sua morfologia e componentes de rendimento, a fim de adequá-los às
24 condições impostas pelo ambiente (RITCHIE et al., 1994).

25 Dentre os componentes de rendimento, o número de plantas por
26 área e o número de vagens por planta tem maior potencial de ser alterado pelo
27 arranjo de plantas (ROBINSON et al., 2009). O número de grãos por vagem (COX;
28 CHERNEY, 2011) e a massa dos grãos (PROCOPIO et al., 2014) são modificados
29 em maior grau pelo genótipo, em detrimento do ambiente de produção.

30 Em baixa densidade de plantas, as plantas de soja tendem a emitir
31 maior quantidade de ramos, aumentando o número de vagens por planta,
32 compensando a menor quantidade de indivíduos por área pela maior produção por
33 planta (BALBINOT et al., 2015a). De acordo com Procopio et al. (2014) a maior
34 densidade de plantas e a redução no espaçamento entre fileiras, reduzem a

1 produção de grãos nos ramos, aumentando percentualmente a participação da haste
2 principal na produção final. Portanto, os ramos se tornam mais importantes na
3 produção final, quando se associam menores densidades de semeadura com
4 espaçamentos entre fileiras mais amplos.

5 Frederick, Camp e Bauer (2001) concluíram que a contribuição da
6 produção nos ramos para a produção total é influenciada pela disponibilidade hídrica
7 durante o desenvolvimento da cultura, enquanto que a produção na haste principal é
8 bastante estável, em cultivares com tipo de crescimento determinado. Desta forma,
9 se a produção na haste principal se mantém estável e a produção nos ramos reduz,
10 pode-se afirmar que em anos com baixa precipitação pluvial durante o
11 desenvolvimento dos ramos, a participação da haste principal na produção final de
12 grãos aumenta.

13 No entanto há carência de informações na literatura a respeito das
14 alterações nos componentes de rendimento, nos ramos e na haste principal,
15 provocadas pela mudança no arranjo espacial de plantas em cultivares utilizadas
16 atualmente, sobretudo com o espaçamento reduzido, o de fileiras duplas e o
17 cruzado.

18 O objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes de rendimento
19 dos ramos e da haste e a participação dos ramos na produção de grãos em resposta
20 a diferentes arranjos espaciais de plantas, em duas cultivares com tipo de
21 crescimento indeterminado

22 23 4.3 MATERIAL E MÉTODOS

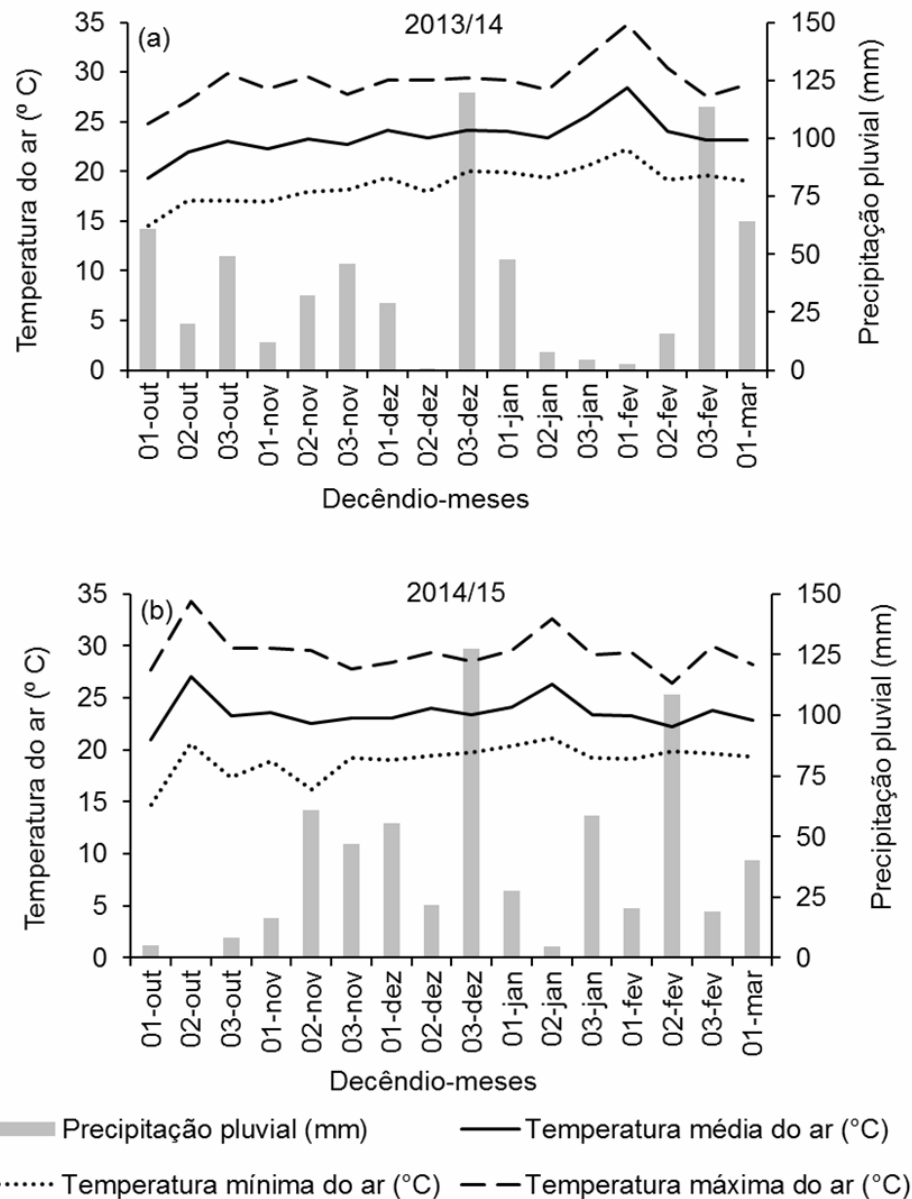
24
25 O experimento foi conduzido em Londrina-PR (23° 19' 21" S, 51° 20'
26 46" W altitude 620 m) durante as safras 2013/14 e 2014/15, na mesma área. O clima
27 da região é classificado como subtropical úmido (Cfa), de acordo com a classificação
28 de Köppen. O balanço hídrico climatológico sequencial (BHCS) de Thornthwaite e
29 Mather (1955) e os valores de temperatura mínima, média e máxima do ar durante a
30 condução dos experimentos são apresentados na Figura 4.1a para a safra 2013/14
31 e 4.1b para a safra 2014/15.

32 Os dados meteorológicos foram obtidos na estação agrometeorológica da
33 Embrapa Soja, distante cerca de 600 m do local do experimento. A
34 evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada durante os decêndios da

1 condução do experimento pela equação de Penman-Monteith e transformada em
 2 evapotranspiração da cultura da soja ($ET_c = ET_o \times K_c$) conforme recomendação de
 3 coeficiente da cultura (K_c) pela FAO (ALLEN et al., 1998). A capacidade de água
 4 disponível no solo (CAD) utilizada para o cálculo do BHC foi de 75 mm (FARIAS et
 5 al., 2001).

6

7 Figura 4.1 – Precipitação pluvial (mm), temperaturas mínima, média e máxima do ar
 8 ($^{\circ}\text{C}$) registradas na estação meteorológica da Embrapa Soja, por decêndio, durante
 9 o período de condução dos experimentos. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/15.



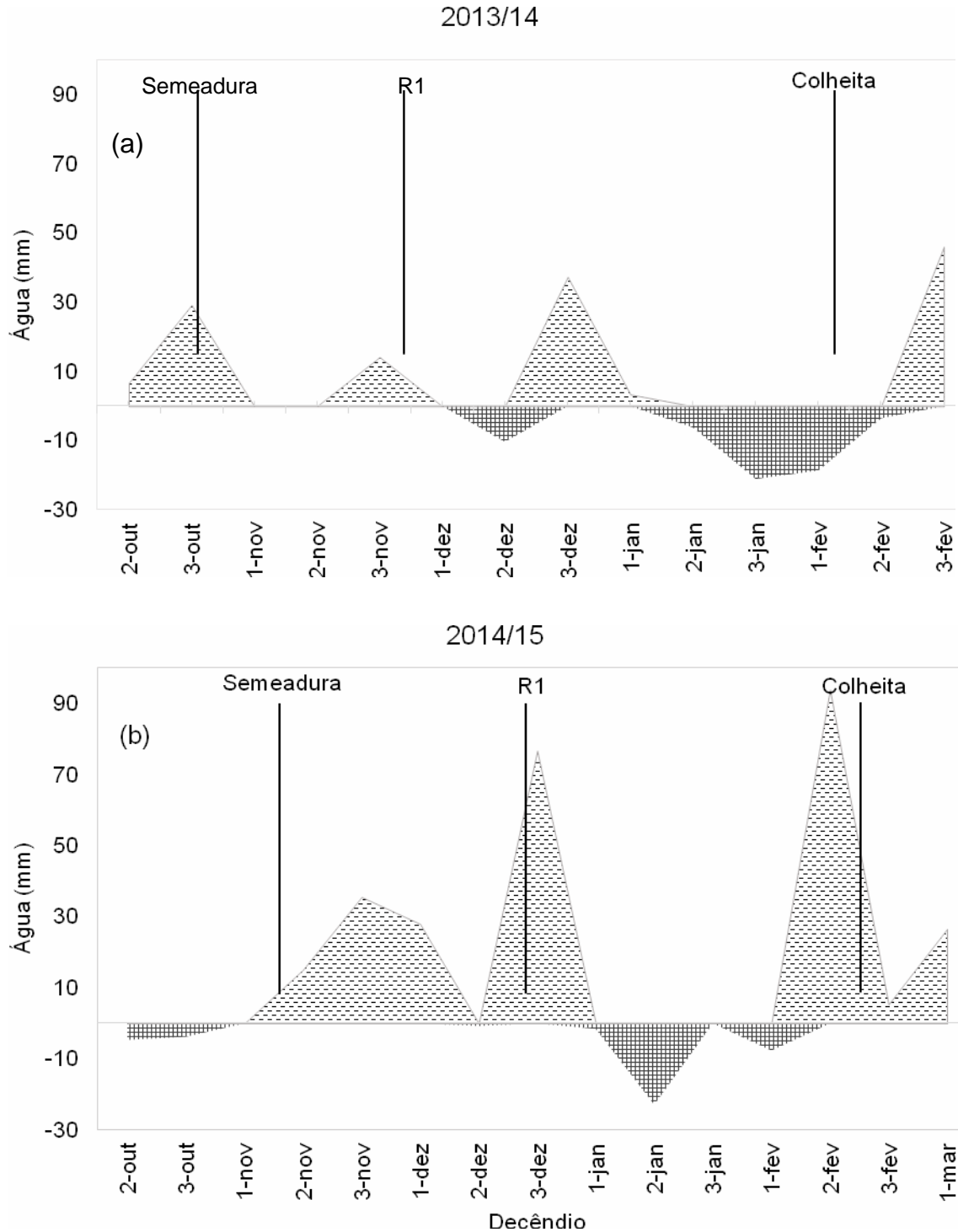
10
 11
 12
 13
 14
 15

Fonte: o próprio autor

1

2 Figura 4.1 – Balanço hídrico climatológico sequencial (mm) de Thornthwaite e
 3 Mather, por decêndio, durante o período de condução dos experimentos. Londrina-
 4 PR, safras 2013/14 e 2014/15.

5



6

7 Fonte: o próprio autor

8

9

10

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho
 distroférico (SANTOS et al., 2013), cultivado em Sistema Plantio Direto por quinze

1 anos. Os atributos químicos do solo no momento da implantação da primeira safra,
2 na camada de 0 a 20 cm, eram: 21,4 g dm⁻³ de matéria orgânica; 4,9 de pH em
3 CaCl₂; 8,6 mg dm⁻³ de P (Mehlich 1); 0,55 cmol_c dm⁻³ de K trocável; 3,7 cmol_c dm⁻³ de
4 Ca trocável; 1,4 cmol_c dm⁻³ de Mg trocável; e 48% de saturação da CTC por bases.
5 As culturas antecedentes à soja foram: trigo na safra 2013/14 e aveia preta na safra
6 2014/15. A aveia preta foi manejada mecanicamente com rolo faca 30 dias antes da
7 semeadura da soja. A cobertura vegetal remanescente na área foi dessecada
8 quimicamente com glyphosate (1.080 g ha⁻¹) e carfentrazone-ethyl (30 g ha⁻¹), aos
9 15 dias antes da semeadura, nos dois anos de experimento.

10 O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados,
11 em esquema fatorial 4 x 3 x 2, totalizando 24 tratamentos com 3 repetições. Os
12 tratamentos foram constituídos de: quatro espaçamentos entre fileiras, sendo 0,2 m
13 (reduzido); 0,2/0,8 m (fileiras duplas); 0,5 m (tradicional) e 0,5 m (cruzado); três
14 densidades de semeadura (150, 300 e 450 mil sementes viáveis ha⁻¹) e duas
15 cultivares de soja (BMX Potência RR e BRS 359 RR).

16 As parcelas mediram 10,0 m de comprimento e 5,0 m de largura,
17 totalizando 50,0 m². A área utilizada nas avaliações foi de 24 m² (8,0 m de
18 comprimento e 3,0 m de largura). As cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR
19 possuem resistência ao herbicida glyphosate, tipo de crescimento indeterminado e
20 grupos de maturidade relativa 6,7 e 6,0, respectivamente.

21 A densidade recomendada para a região de Londrina é de 265 a 310
22 mil plantas ha⁻¹ para a BMX Potência RR e 220 a 265 mil plantas ha⁻¹ para a BRS
23 359 RR. Na safra 2014/15 a área foi irrigada 3 dias antes da semeadura com uma
24 lâmina de 30 mm, em virtude da estiagem ocorrida em outubro.

25 A semeadura foi realizada nos dias 23 de outubro de 2013 e 11 de
26 novembro de 2014, a uma velocidade média de 5 km h⁻¹, utilizando-se uma
27 semeadora da marca Imasa, modelo MPS 1800 para a semeadura das parcelas com
28 espaçamento reduzido (0,2 m) e fileiras duplas (0,2/0,8 m) e uma semeadora da
29 marca Semeato, modelo SHM 11/13, para as parcelas com espaçamento tradicional
30 (0,5 m) e cruzado (0,5 m cruzado), ambas equipadas com sulcadores do tipo disco
31 duplo defasado para semente, e dosadores do tipo disco perfurado com dupla fileira
32 de furos. Na semeadura das fileiras duplas, todos os discos sulcadores, espaçados a
33 0,2 m entre si, entraram em contato com o solo, no entanto, intercalou-se de acordo
34 com o espaçamento desejado, as fileiras em que haveria deposição de sementes.

1 As sementes foram tratadas com Vitavax-Thiran 200SC[®] (150 mL 50
2 kg⁻¹ de sementes) e inoculante líquido Gelfix 5[®] (5x10⁹ unidades formadoras de
3 colônia mL⁻¹; 100 mL 50 kg⁻¹ de sementes) no dia da semeadura.

4 A adubação de base constou da aplicação de 125 kg ha⁻¹ de
5 superfosfato triplo (41% de P₂O₅) e 250 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (50% de K₂O)
6 aplicados a lanço, sete dias antes da semeadura. O manejo de plantas daninhas,
7 pragas e doenças foram iguais para todos os tratamentos e seguiram
8 recomendações técnicas para a cultura (EMBRAPA, 2011).

9 No estágio V3 de desenvolvimento da cultura, avaliou-se a
10 densidade de plantas ha⁻¹ pela contagem do número de plantas em 3,0 m² da área
11 útil.

12 Na ocasião da colheita, coletaram-se 20 plantas por parcela a fim de
13 avaliar: o número de vagens por planta oriundas da haste principal e dos ramos,
14 porcentagem de vagens vazias na haste principal e nos ramos, número de grãos por
15 vagem na haste principal e nos ramos, massa de mil grãos da haste principal e dos
16 ramos e a porcentagem da produção de grãos proveniente dos ramos. A massa de
17 mil grãos foi avaliada em oito repetições de cem grãos, de acordo com metodologia
18 das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009)

19 Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificar
20 se os mesmos apresentavam distribuição normal e ao teste de Cochran para
21 verificar a homocedasticidade. Após a constatação da normalidade e
22 homocedasticidade, aplicou-se análise de variância e comparação de médias pelo
23 teste de Tukey, a 5% de significância. As variáveis expressas em porcentagem
24 foram transformadas para \sqrt{x} . Quando não houve interação significativa, os efeitos
25 foram apresentados considerando-se separadamente cada fator experimental.

26 27 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

28
29 Na safra 2013/14 a densidade de plantas no estágio V3 foi
30 influenciada isoladamente pelo espaçamento entre fileiras e densidade de
31 semeadura (Tabela 4.1). O espaçamento reduzido (0,2 m) e fileiras duplas (0,2/0,8
32 m) resultaram em menor densidade de plantas que os espaçamentos tradicional (0,5
33 m) e cruzado (0,5 m cruzado).

1 Tabela 4.1 – Médias e quadrados médios das variáveis: densidade de plantas
 2 avaliada no estágio V3 de desenvolvimento da cultura (mil plantas ha⁻¹) (DP V3) e
 3 produção de grãos proveniente dos ramos (%) em resposta a diferentes arranjos
 4 espaciais de plantas (PPR). Londrina, PR, safras 2013/14 e 2014/15.

	2013/14		2014/15	
	DP V3	PPR (%)	DP V3	PPR (%)
Cultivar				
BMX Potência RR	259,7	38,3	295,6 B	27,9
BRS 359 RR	263,8	38,4	339,4 A	27,6
Espaçamento				
0,2	222,3 B ²	31,4 B	379,6 A	21,5 B
0,2/0,8	234,4 B	33,0 B	326,5 B	30,2 A
0,5	303,4 A	43,6 A	302,8 B	29,8 A
0,5 cruzado	288,7 A	45,4 A	261,3 C	29,5 A
Densidade¹				
150	136,9 C	59,0 A	167,5 C	48,8 A
300	257,4 B	34,7 B	311,1 B	23,5 B
450	391,6 A	21,4 C	474,0 A	10,9 C
Quadrados Médios				
C	203,3 ^{ns3}	0,06 ^{ns}	3107,3*	1,39 ^{ns}
E	10412,5*	923,3*	3950,8*	315,5*
D	140209,3*	8749,3*	50805,1*	8950,2*
C*E	45,1 ^{ns}	91,4 ^{ns}	40,6 ^{ns}	96,2 ^{ns}
C*D	370,7 ^{ns}	20,9 ^{ns}	190,3 ^{ns}	17,6 ^{ns}
E*D	125,2 ^{ns}	45,6 ^{ns}	145,5 ^{ns}	85,1 ^{ns}
C*E*D	181,4 ^{ns}	28,4 ^{ns}	59,0 ^{ns}	51,6 ^{ns}
CV (%)	10,6	20,7	13,1	21,8

5 ¹Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha⁻¹). ²Médias seguidas pela mesma letra,
 6 na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.
 7 ³ns: não significativo; *: significativo estatisticamente a 5 de significância.

8 Fonte: o próprio autor

9

10 No espaçamento reduzido, o estabelecimento do estande foi
 11 prejudicado em virtude do maior número de linhas por unidade de área, que
 12 ocasionou maior mobilização do solo e da palhada. Provavelmente tais fatos
 13 prejudicaram a germinação e emergência de plântulas em função da elevada
 14 variação da temperatura e umidade do solo ocorridas na camada superficial do solo
 15 exposto (FURLANI et al., 2008; GASPARIN et al., 2005). A semeadura em fileiras
 16 duplas também foi prejudicada pelo grande número de discos sulcadores em contato
 17 com o solo, embora só houvesse deposição de sementes nas fileiras espaçadas a
 18 0,2/0,8 m.

19

O acréscimo na densidade de semeadura elevou a densidade de

1 plantas em V3, conforme esperado, contudo com estabelecimento de plantas inferior
2 ao almejado em todas as densidades (Tabela 4.1). Cox e Cherney (2011) e Suhre et
3 al. (2014) também obtiveram densidade de plantas no estágio V3, muito abaixo do
4 almejado na semeadura. Para estes autores, muitos fatores bióticos e abióticos como
5 mau funcionamento do maquinário, doenças nas sementes, danos por insetos
6 praga, compactação do solo e chuva de granizo interferem no estabelecimento do
7 estande.

8 Na safra 2014/15, a densidade de plantas no estágio V3 foi
9 influenciada isoladamente por todos os fatores experimentais (Tabela 4.1). A cultivar
10 BRS 359 RR apresentou maior densidade de plantas em relação à BMX Potência
11 RR. Diferenças na qualidade fisiológica das sementes de cada lote podem ter
12 favorecido a germinação, a emergência e o estabelecimento do estande na BRS 359
13 RR.

14 Assim como reportado por outras pesquisas (BALBINOT JUNIOR et
15 al., 2015a, 2015b) o cruzamento das linhas de semeadura reduziu o
16 estabelecimento da densidade de plantas almejada. Este resultado é atribuído à
17 maior mobilização do solo e compactação adicional imposta pelo rodado do trator na
18 segunda passada da semeadora, transversal à primeira (PROCOPIO et al., 2013).

19 Nota-se que a densidade de plantas em 2014/15 foi mais próxima do
20 almejado na semeadura do que na safra anterior. O estabelecimento adequado do
21 estande na segunda safra, ocorreu em função da irrigação realizada antes da
22 semeadura, em virtude da baixa precipitação pluvial ocorrida no mês de outubro, e
23 da melhor cobertura do solo com palhada de aveia preta, que propiciou maior
24 retenção da umidade e manutenção da temperatura edáfica (FURLANI et al., 2008).

25 Os valores médios dos componentes de rendimento avaliados na
26 haste principal e nos ramos, influenciados isoladamente por cada um dos fatores
27 experimentais, estão apresentados nas Tabelas 4.2 (safra 2013/14) e 4.3 (safra
28 2014/15), bem como os quadrados médios da análise de variância e a significância
29 das interações.

30 O número de vagens por planta oriundas da haste principal, foi
31 influenciado isoladamente pela densidade de semeadura e pela interação entre
32 cultivares e espaçamento entre fileiras na safra 2013/14. A densidade de 450 mil
33 sementes viáveis ha⁻¹ proporcionou menor número de vagens por planta na haste
34 principal (Tabela 4.2).

1 Tabela 4.2 – Número de vagens por planta (NVP), porcentagem de vagens vazias
 2 (PVV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (M1000) oriundos
 3 da haste principal e dos ramos de cultivares de soja, em resposta a diferentes
 4 arranjos espaciais de plantas. Londrina, PR, safra 2013/14.

	Haste principal				Ramos			
	NVP	PVV	NGV	M1000	NVP	PVV	NGV	M1000
Cultivar								
BMX Potência RR	21,1	3,7	2,3 A	91,9	18,8	4,1	2,4 A	83,6
BRS 359 RR	22,3	9,2	2,2 B	93,2	20,1	5,8	2,1 B	88,5
Espaçamento								
0,2	22,1	6,9	2,4	88,3	24,6 A	3,5	2,3	82,1
0,2/0,8	21,6	6,0	2,2	95,1	24,2 A	4,7	2,2	88,2
0,5	22,2	6,0	2,2	95,0	15,2 B	5,6	2,2	88,9
0,5 cruzado	20,9	7,0	2,3	91,8	13,8 B	6,0	2,2	85,1
Densidade¹								
150	23,9 A ²	7,4	2,3	92,9	38,6 A	4,2	2,3	86,4
300	22,3 A	6,2	2,2	91,8	13,7 B	4,5	2,2	87,1
450	18,9 B	5,8	2,2	93,0	6,2 C	6,0	2,3	84,7
Quadrados médios								
C	26,17 ^{ns3}	22,4*	0,27*	27,4 ^{ns}	29,22 ^{ns}	3,41*	1,35*	444,1*
E	6,55 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,12 ^{ns}	184,7 ^{ns}	589,57*	1,18*	0,03 ^{ns}	175,5 ^{ns}
D	158,16*	0,45 ^{ns}	0,064 ^{ns}	10,5 ^{ns}	6898,73*	0,57 ^{ns}	0,12 ^{ns}	35,5 ^{ns}
C*E	66,5*	0,36 ^{ns}	0,069 ^{ns}	275,1*	31,04 ^{ns}	1,20*	0,06 ^{ns}	292,6*
C*D	17,99 ^{ns}	1,24*	0,009 ^{ns}	63,9 ^{ns}	15,10 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	20,5 ^{ns}
E*D	14,53 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,072 ^{ns}	70,8 ^{ns}	76,27 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,03 ^{ns}	119,8 ^{ns}
C*E*D	18,57 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,039 ^{ns}	24,5 ^{ns}	28,86 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,05 ^{ns}	29,2 ^{ns}
CV (%)	21,3	24,9	9,7	9,4	37,1	29,4	10,1	10,4

5 ¹Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha⁻¹). ²Médias seguidas pela mesma letra,
 6 na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

7 ³ns: não significativo; *: significativo estatisticamente a 5 de significância.

8 Fonte: o próprio autor

9

10 Na interação entre cultivares e espaçamentos, não houve diferença
 11 do número de vagens oriundas da haste principal entre os espaçamentos nas duas
 12 cultivares. No entanto, no espaçamento tradicional (0,5 m) a BRS 359 RR foi
 13 superior à BMX Potência RR (Tabela 4.4).

14 Na safra 2014/15 houve interações entre cultivares e espaçamentos
 15 e entre cultivares e densidades para o número de vagens por planta da haste
 16 principal (Tabela 4.3). O espaçamento de fileiras duplas (0,2/0,8 m) resultou em
 17 maior número de vagens por planta que os demais espaçamentos na BMX Potência
 18 RR (Tabela 4.5). Na cultivar BRS 359 RR o espaçamento cruzado (0,5 m cruzado)
 19 apresentou maior número de vagens oriundas da haste principal do que o reduzido
 20 (0,2 m) e o de fileiras duplas (0,2/0,8 m) (Tabela 4.5). Possivelmente no

1 espaçamento cruzado a menor densidade de plantas no estágio V3 (Tabela 4.1),
 2 propiciou o desenvolvimento de plantas com hastes mais vigorosas e maior número
 3 de vagens na cultivar BRS 359 RR.

4

5 Tabela 4.3 – Número de vagens por planta (NVP), porcentagem de vagens vazias
 6 (PVV), número de grãos por vagem (NGV) e massa de mil grãos (M1000) oriundos
 7 da haste principal e dos ramos, em resposta a diferentes arranjos espaciais de
 8 plantas. Londrina, PR, safra 2014/15.

	Haste principal				Ramos			
	NVP	PVV	NGV	M1000	NVP	PVV	NGV	M1000
Cultivar								
BMX Potência RR	29,8	3,4	2,48	118 B	16,1	2,4 A	2,4	110 B
BRS 359 RR	18,7	1,4	2,52	161 A	10,9	1,2 B	2,4	153 A
Espaçamento								
0,2	22,7	1,3	2,5	144	9,6	1,6	2,5	136
0,2/0,8	25,2	1,6	2,5	137	14,2	2,2	2,4	127
0,5	23,5	3,2	2,5	139	16,3	1,7	2,4	132
0,5 cruzado	25,6	1,5	2,5	141	13,9	1,6	2,4	133
Densidade¹								
150	29,0	1,3	2,6 A ²	135 B	28,7	2,5 A	2,5 A	128 B
300	24,7	1,5	2,5 B	142 AB	8,7	1,9 AB	2,4 AB	131 AB
450	19,1	1,9	2,5 B	143 A	3,1	1,0 B	2,3 B	137 A
Quadrados Médios								
C	2233,5 ³	1,4 ^{ns}	0,04 ^{ns}	32776 ^{**}	481,5 ^{**}	3,9 ^{**}	0,06 ^{ns}	32082 ^{**}
E	34,9 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,02 ^{ns}	155,7 ^{ns}	144,9 ^{**}	0,6 ^{ns}	0,04 ^{ns}	243,2 ^{ns}
D	587,3 [*]	1,7 ^{ns}	0,10 [*]	445,8 [*]	4351,6 ^{**}	4,6 ^{**}	0,13 [*]	476,4 ^{**}
C*E	101,6 ^{**}	0,5 ^{ns}	0,04 ^{ns}	127,5 ^{ns}	32,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,002 ^{ns}	83,6 ^{ns}
C*D	90,6 ^{**}	1,8 ^{ns}	0,05 ^{ns}	267,9 ^{ns}	102,7 ^{**}	0,7 ^{ns}	0,06 ^{ns}	66,3 ^{ns}
E*D	15,1 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,03 ^{ns}	25,0 ^{ns}	78,8 ^{**}	0,3 ^{ns}	0,01 ^{ns}	128,4 ^{ns}
C*E*D	26,9 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,03 ^{ns}	140,8 ^{ns}	13,5 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,02 ^{ns}	143,2 ^{ns}
CV (%)	15,0	68,3	6,2	7,1	30,9	53,6	7,3	7,2

9 ¹Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha⁻¹). ²Médias seguidas pela mesma letra,
 10 na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.
 11 ³ns: não significativo; ** e *: significativo estatisticamente a 5 e 1% de significância,
 12 respectivamente

13 Fonte: o próprio autor

14

15 Tabela 4.4 – Características agrônômicas da soja influenciadas pela interação entre
 16 espaçamento entre fileiras e cultivar. Londrina-PR, safra 2013/14.

Cultivar	Espaçamento (m)				p-valor	CV (%)
	0,2	0,2/0,8	0,5	0,5 cruzado		
	NVP-H					
BMX Potência RR	23,66 Aa ¹	22,13 Aa	19,79 Ba	18,93 Aa	0,036	21,29
BRS 359 RR	20,59 Aa	21,16 Aa	24,69 Aa	22,90 Aa		
	PVV-R (%)					

BMX Potência RR	2,36 Bb	3,44 Aab	3,7 Bab	6,90 Aa	0,035	29,47
BRS 359 RR	4,55 Aa	5,94 Aa	7,56 Aa	5,01 Aa		
M1000-H (g)						
BMX Potência RR	90,25 Aa	96,65 Aa	88,58 Aa	92,25 Aa	0,019	9,39
BRS 359 RR	86,42 Ab	93,53 Aab	101,40 Aa	91,31 Aab		
M1000-R (g)						
BMX Potência RR	81,89 Aa	87,40 Aa	80,86 Ba	82,28 Aa	0,019	10,36
BRS 359 RR	82,27 Ab	88,91 Aab	96,96 Aa	87,93 Aab		

1 NVP-H: Número de vagens por planta oriundas da haste principal; PVV-R: Porcentagem de
2 vagens vazias nos ramos (%); M1000-H: Massa de mil grãos oriundos da haste principal (g);
3 M1000-R: Massa de mil grãos oriundos dos ramos (g). ¹ Médias seguidas pela mesma letra,
4 maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste
5 de Tukey, a 5% de significância.

6 Fonte: o próprio autor

8 Tabela 4.5 – Número de vagens por planta oriundas da haste principal influenciado
9 pela interação entre cultivar e espaçamento entre fileiras. Londrina-PR, safra
10 2014/15.

Espaçamento (m)	Cultivar		p-valor	CV (%)
	BMX Potência RR	BRS 359 RR		
0,2	28,87 Ba ¹	16,50 Bb	0,003	15,04
0,2/0,8	33,90 Aa	16,58 Bb		
0,5	27,47 Ba	19,47 ABb		
0,5 cruzado	29,03 Ba	22,15 Ab		

11 ¹ Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem
12 estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

13 Fonte: o próprio autor

15 Na interação entre cultivares e densidades, da safra 2014/15, foi
16 constatado redução do número de vagens por planta oriundas da haste principal
17 conforme aumentou-se a densidade de semeadura na cultivar BMX Potência RR
18 (Tabela 4.6). Na BRS 359 RR, embora a densidade de 300 mil sementes viáveis ha⁻¹
19 não tenha diferido das demais, observou-se a mesma tendência. No entanto, a
20 redução constatada na BRS 359 RR foi de menor amplitude que a da BMX Potência
21 RR. Nota-se que, em todas as densidades, a BMX Potência RR produziu maior
22 número de vagens oriundas da haste principal por planta do que a BRS 359 RR
23 (Tabela 4.6).

24
25
26
27

1 Tabela 4.6 – Características agronômicas afetadas pela interação entre densidade
 2 de sementeira e cultivares. Londrina-PR, safras 2013/14 e 2014/15.

		Cultivar		p-valor	CV (%)
		BMX Potência RR	BRS 359 RR		
2013/14					
Densidade ¹	PVV-H				
150	3,46 Ab ²	11,43 Aa			
300	3,40 Ab	9,02 ABa	0,0403	24,95	
450	4,39 Ab	7,17 Ba			
2014/15					
Densidade ¹	NVP-H				
150	36,36 Aa	21,55 Ab			
300	30,47 Ba	18,93 ABb	0,0026	15,04	
450	22,63 Ca	15,55 Bb			
	NVP-R				
150	33,56 Aa	23,86 Aa			
300	10,86 Ba	6,64 Bb	0,0011	30,93	
450	3,87 Ca	2,73 Ca			

3 PVV-H: Porcentagem de vagens vazias na haste principal (%); NVP-H: Número de vagens
 4 por planta oriundas da haste principal; NVP-R: Número de vagens por planta oriundas dos
 5 ramos.

6 ¹ Densidade de sementeira (mil sementes viáveis ha⁻¹). ²Médias seguidas pela mesma letra,
 7 maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste
 8 de Tukey, a 5% de significância.

9 Fonte: o próprio autor

10

11 A redução no número de vagens por planta na haste principal, em
 12 função do aumento da densidade de sementeira, ocorrida nas duas safras,
 13 evidencia que em altas densidades, ocorre redução da produção de vagens e
 14 conseqüentemente de grãos na haste principal, por planta, em função da acentuada
 15 competição intraespecífica. Este resultado é corroborado por Norsworthy e Shipe
 16 (2005) que obtiveram decréscimo de 50% na produção de grãos da haste principal
 17 em virtude do aumento da densidade de 140 para 280 mil plantas ha⁻¹.

18 O número de vagens por planta oriundas dos ramos foi influenciado
 19 isoladamente pelo espaçamento entre fileiras e pela densidade de sementeira na
 20 safra 2013/14 (Tabela 4.2). O espaçamento reduzido (0,2 m) e de fileiras duplas
 21 (0,2/0,8 m) resultaram em maior número de vagens oriundas dos ramos que os
 22 demais. Provalmente a menor densidade de plantas obtida nesses dois
 23 espaçamentos em relação aos demais tenha influenciado mais o número de vagens
 24 nos ramos do que propriamente o espaçamento entre fileiras.

25 Assim como ocorrido com a haste principal, porém em maior

1 magnitude, o aumento da densidade de semeadura reduziu o número de vagens por
2 planta oriundas dos ramos na primeira safra (Tabela 4.1). Segundo Peixoto et al.
3 (2000) o número de vagens por planta é o componente do rendimento mais
4 influenciado pela densidade de plantas e varia inversamente com a alteração na
5 densidade.

6 Para esta mesma característica, na safra 2014/15, constatou-se
7 interações entre cultivares e densidades de semeadura e entre espaçamentos e
8 densidades de semeadura (Tabela 4.2). Assim como na safra anterior, em ambas
9 cultivares, o aumento na densidade de semeadura reduziu drasticamente o número
10 de vagens oriundas dos ramos (Tabela 4.6). Desta forma, fica claro que alterações
11 na densidade de plantas, afetam em maior parte a produção de grãos nos ramos em
12 detrimento das hastes.

13 Na interação entre espaçamentos e densidades (Tabela 4.7), não
14 houve diferença para número de vagens dos ramos entre os espaçamentos nas
15 densidades de 300 e 450 mil sementes viáveis ha⁻¹. No entanto na densidade de 150
16 mil sementes viáveis ha⁻¹ o espaçamento reduzido (0,2 m) foi inferior e o tradicional
17 (0,5 m) superior aos demais. Nota-se que mesmo em baixa densidade de plantas o
18 espaçamento de 0,2 m não favorece a produção de vagens nos ramos, conforme
19 discutido por Procopio et al. (2014). Balbinot Junior et al. (2015b) não corroboram a
20 redução do número de vagens oriundas dos ramos em função da redução do
21 espaçamento entre fileiras associado a baixas densidades de semeadura. Com a
22 cultivar BMX Potência RR e espaçamentos de 0,3, 0,45 e 0,6 m, os autores
23 constataram somente efeito isolado da densidade de semeadura.

24 No presente trabalho, em todos os espaçamentos, o aumento da
25 densidade de semeadura reduziu acentuadamente o número de vagens por planta
26 oriundas dos ramos, evidenciando novamente a grande influência da densidade de
27 semeadura no número de vagens oriundas dos ramos por planta.

28 A porcentagem de vagens vazias na haste principal na safra 2013/14
29 foi influenciada pela interação entre cultivares e densidades de semeadura (Tabela
30 4.2). Em todas as densidades de semeadura, a cultivar BRS 359 RR apresentou
31 maior número de vagens vazias na haste principal do que a BMX Potência RR
32 (Tabela 4.6). Provavelmente na BRS 359 RR tenha ocorrido maior aborto de grãos
33 em decorrência do estresse térmico e hídrico ocorrido no período reprodutivo
34 (Figuras 4.1a e 4.2a). Para Ventimiglia et al. (1999) na cultura da soja, mesmo em

1 condições ótimas de cultivo ocorre aborto de flores e legumes, podendo esta
2 característica ser variável entre cultivares.1'

3
4 Tabela 4.7 – Número de vagens por planta oriundas dos ramos influenciado pela
5 interação entre espaçamento entre fileiras e densidade de semeadura. Londrina-PR,
6 safra 2014/15.

Espaçamento (m)	Densidade de semeadura (mil sementes viáveis ha ⁻¹)			p-valor	CV(%)
	150	300	450		
0,2	20,48 Ca ¹	6,86 Ab	1,36 Ab	0,0011	30,93
0,2/0,8	29,09 Ba	7,80 Ab	1,75 Ac		
0,5	36,61 Aa	10,61 Ab	3,38 Ab		
0,5 cruzado	28,65 Ba	9,72 Ab	5,78 Ab		

7 ¹ Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem
8 estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

9 Fonte: o próprio autor

10
11 Na BMX Potência RR não houve diferença na porcentagem de
12 vagens vazias na haste principal entre as densidades de semeadura, No entanto, na
13 BRS 359 RR houve redução desta característica com o aumento da densidade de
14 semeadura (Tabela 4.6). Na densidade de 150 mil sementes viáveis ha⁻¹, houve
15 maior ramificação e crescimento vegetativo no início do ciclo, que resultou em
16 hastes vigorosas com maior número de vagens por planta (Tabela 4.2), entretanto,
17 com a baixa disponibilidade hídrica e alta temperatura do ar ocorridas a partir
18 Janeiro (Figura 4.1a), houve maior abortamento de grãos, resultando em maior
19 incidência de vagens vazias.

20 Provavelmente, em altas densidades de semeadura, a baixa
21 emissão de ramos e o menor número de vagens por planta propiciaram uma
22 condição mais favorável ao enchimento dos grãos das vagens presentes na haste
23 principal na safra 2013/14 na BRS 359 RR, que resultou em menor porcentagem de
24 vagens vazias na haste principal (Tabela 4.6). No entanto, na safra 2014/15 a
25 porcentagem de vagens vazias na haste principal não foi alterada por nenhum dos
26 fatores experimentais (Tabela 4.3).

27 Para a porcentagem de vagens vazias nos ramos, houve interação
28 entre cultivares e espaçamentos na safra 2013/14 (Tabela 4.2). A BRS 359 RR
29 apresentou maior porcentagem de vagens vazias do que a BMX Potência RR nos
30 espaçamentos reduzido e tradicional (Tabela 4.4). Na BMX Potência RR o
31 espaçamento reduzido apresentou menor porcentagem de vagens vazias nos ramos

1 em relação à semeadura cruzada . No entanto a magnitude destas diferenças é de
2 pouca expressividade agrônômica.

3 Na safra 2014/15 não houve interação entre os fatores para esta
4 característica, no entanto a mesma foi influenciada isoladamente pela cultivar e pela
5 densidade de semeadura (Tabela 4.3). Na média de todos os arranjos espaciais, a
6 BMX Potência RR apresentou maior porcentagem de vagens vazias nos ramos que
7 a BRS 359 RR .

8 O aumento da densidade proporcionou menor porcentagem de
9 vagens vazias nos ramos, provavelmente por que nesta condição há menor
10 produção de vagens por planta (KUSS et al., 2008) (Tabelas 4.2 e 4.3) e,
11 conseqüentemente, menor demanda por fotoassimilados, por cada planta, no
12 período de enchimento dos grãos. Este resultado, aliado à menor porcentagem de
13 vagens vazias na haste principal em altas densidades, ocorrido na safra 2013/14,
14 contraria de forma consistente a hipótese de que a maior competição intraespecífica
15 ocorrida em altas densidades aumentaria a porcentagem de vagens vazias.

16 Em relação ao número de grãos por vagem, no presente estudo na
17 safra 2013/14, esta característica, tanto na haste principal quanto nos ramos, foi
18 influenciada somente pela cultivar. A BMX Potência foi superior à BRS 359 RR na
19 haste principal e nos ramos (Tabela 4.2). De acordo com Cox e Cherney (2011) o
20 número de grãos por vagem é influenciado em maior parte pelo genótipo em
21 detrimento do ambiente de produção. Na safra 2014/15 o aumento na densidade de
22 semeadura reduziu ligeiramente o número de grãos por vagem nas hastes e nos
23 ramos (Tabela 4.3), provavelmente pela maior competição intraespecífica
24 (BALBINOT JUNIOR et al., 2015b), no entanto esta redução foi de apenas 0,1 grãos
25 por vagem na haste e 0,2 grãos por vagem nos ramos, e não apresenta importância
26 agrônômica.

27 A massa de mil grãos oriundos da haste principal avaliada na safra
28 2013/14 foi influenciada pela interação entre cultivares e espaçamentos. Na cultivar
29 BRS 359 RR o espaçamento tradicional apresentou maior massa de grãos em
30 relação aos demais, embora não tenha diferido estatisticamente dos espaçamentos
31 de fileira dupla e cruzado (Tabela 4.4).

32 Na safra 2014/15 não houve interação entre os fatores, mas houve
33 efeito isolado da cultivar e da densidade de semeadura (Tabela 4.3). A BRS 359 RR,

1 na média de todos os arranjos espaciais, apresentou maior massa de mil grãos
2 oriundos da haste principal que a BMX Potência RR.

3 O fato da cultivar BMX Potência RR ter apresentado, na safra
4 2014/15, maior número de vagens por planta na haste principal e nos ramos (29,8 e
5 16,1, respectivamente) (Tabela 4.3) aliado à maior porcentagem de vagens vazias
6 nos ramos e menor massa de mil grãos oriundos da haste principal e dos ramos
7 (118 e 110 g, respectivamente) (Tabela 4.3), indicam que esta cultivar teve a
8 produção de grãos mais limitada pelas condições edafoclimáticas que a BRS 359
9 RR.

10 Provavelmente a BMX Potência RR por ter maior grau de
11 maturidade relativa teve o enchimento de grãos prejudicado no final do ciclo pelo
12 menor comprimento do dia (RODRIGUES et al., 2001) e maior incidência de
13 percevejos e ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*).

14 O aumento da densidade de semeadura resultou em grãos mais
15 pesados na haste principal. De acordo com Procopio et al. (2013) em plantas
16 cultivadas sob menores densidades de plantas, há maior porcentagem de grãos
17 oriundos das ramificações, os quais possuem menor força de demanda de
18 fotoassimilados, comparativamente aos da haste principal (BALBINOT JR. et al.,
19 2015b). Tais afirmações justificariam a maior massa de mil sementes em maiores
20 densidades, no entanto no presente estudo, constatou-se elevação da massa de mil
21 grãos oriundos não somente das ramificações mas também da haste principal.

22 Na safra 2013/14 foi constatado interação entre cultivar e
23 espaçamento entre fileiras para a massa de mil grãos oriundos dos ramos (Tabela
24 4.2). Assim como ocorrido na haste principal, o espaçamento tradicional resultou em
25 massa de grãos superior aos demais sem diferir-se estatisticamente do fileira dupla
26 e cruzado (Tabela 4.4).

27 Na safra 2014/15, a massa de mil grãos oriundos dos ramos foi
28 influenciada isoladamente pela cultivar e pela densidade de semeadura (Tabela 4.3).
29 A BRS 359 RR apresentou massa de grãos superior à BMX Potência RR e o
30 aumento da densidade de semeadura resultou em maior massa de mil grãos. O
31 acréscimo na massa de mil grãos juntamente com o aumento da densidade de
32 semeadura é corroborado por Ferreira et al. (2015), que classificaram os grãos
33 colhidos da cultivar NK 7059 RR por tamanho e concluíram que em anos com
34 deficiência hídrica durante o enchimento de grãos há aumento no tamanho das

1 sementes em função do acréscimo na densidade de semeadura.

2 Em ambas as safras, houve déficit hídrico, associado a altas
3 temperaturas, na fase de enchimento de grãos - segundo decêndio de janeiro ao
4 segundo decêndio de fevereiro (Figuras 4.1 e 4.2). Portanto, na maior densidade de
5 plantas possivelmente houve aprofundamento das raízes da soja durante a fase
6 vegetativa, em decorrência da maior competição intraespecífica, como discutido por
7 Carlesso (1995), proporcionando maior volume de solo explorado na fase de
8 estresse hídrico.

9 Adicionalmente, o índice de área foliar e a transpiração na fase de
10 enchimento de grãos são pouco afetados pela densidade de plantas quando as
11 condições climáticas permitem adequado crescimento da soja na fase vegetativa,
12 em função da plasticidade fenotípica (PROCOPIO et al., 2013), o que ocorreu nas
13 safras 2013/14 e 2014/15. É provável, portanto, que com o aumento da densidade
14 houve maior eficiência na exploração da água do solo em profundidade e, por outro
15 lado, o consumo de água foi pouco afetado pela densidade de plantas, melhorando
16 o suprimento hídrico nas plantas cultivadas em maiores densidades, que culminou
17 em maior massa de mil grãos tanto na haste principal quanto nos ramos.

18 A porcentagem da produção de grãos proveniente dos ramos foi
19 alterada apenas pelo espaçamento entre fileiras e pela densidade de semeadura
20 nas duas safras (Tabelas 4.1 e 4.2). Na safra 2013/14 os espaçamentos reduzido e
21 fileira dupla resultaram em menor porcentagem da produção proveniente dos ramos.
22 Na safra 2014/15 somente o espaçamento reduzido teve a produção de grãos
23 menos dependente dos ramos do que os demais espaçamentos. Em relação à
24 densidade de semeadura, houve drástica redução na participação dos ramos na
25 produção de grãos, conforme aumentou-se a densidade nas duas safras (Tabela
26 4.1).

27 A ramificação demonstra a plasticidade das plantas de soja em se
28 adaptar a diferentes arranjos espaciais, sobretudo às alterações na densidade de
29 plantas (COX; CHERNEY; SHIELDS, 2010; NORSWORTHY; SHIPE, 2005;
30 THOMPSON et al., 2015).

31 A baixa participação dos ramos na produção de grãos no
32 espaçamento reduzido, independente da densidade de semeadura, provavelmente
33 seja devida ao rápido fechamento do dossel durante o desenvolvimento vegetativo
34 que propiciou um ambiente desfavorável à ramificação, tornando a produção mais

1 dependente das hastes principais. Em contra partida Balbinot Junior et al. (2015b)
2 não obtiveram diferenças na participação dos ramos na produção de grãos em
3 função da redução do espaçamento de 0,6 para 0,3 m.

4 Para Procópio et al. (2013) os ramos se tornam mais importantes na
5 produção de grãos, quando se associam menores densidades de plantas com
6 espaçamentos entre fileiras mais amplos. Esta afirmação é corroborada por
7 Norsworthy e Shipe (2005), que ao associar espaçamento de 0,19 m com
8 densidades de 432 mil sementes viáveis ha⁻¹ em cultivares com tipo de crescimento
9 determinado, concluíram que nesta condição a produção de grãos é quase que
10 totalmente oriunda da haste. Para esses autores a habilidade de produzir grãos na
11 haste principal, deve ser considerada como critério de seleção de cultivares para
12 espaçamento reduzido.

14 4.5 CONCLUSÕES

16 Alterações nos componentes de rendimento da haste e dos ramos
17 em função de arranjos espaciais, são variáveis entre as cultivares BMX Potência RR
18 e BRS 359 RR.

19 O espaçamento reduzido não favorece a produção de vagens e de
20 grãos nos ramos, mesmo quando associado a baixa densidade de plantas.

21 O número de grãos por vagem oriundas da haste e dos ramos não é
22 alterado pelo arranjo espacial de plantas.

23 O aumento da densidade de semeadura reduz o número de vagens
24 por planta nos ramos em maior magnitude do que na haste principal.

25 O aumento da densidade de semeadura reduz a porcentagem de
26 vagens vazias tanto em ramos quanto na haste principal quando ocorre déficit
27 hídrico no período reprodutivo.

28 A elevação na densidade de semeadura resulta em maior massa de
29 mil grãos, tanto nos ramos quanto na haste principal, no entanto este resultado é
30 variável entre safras.

31 O aumento da densidade de semeadura reduz a participação dos
32 ramos na produção de grãos.

1 4.6 REFERÊNCIAS

2

3 ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration -**
4 **guidelines for computing crop water requirements** **FAO irrigation and drainage**
5 **paper 56**. 1998 (Relatório Técnico, FAO - Food and Agriculture Organization of
6 united Nations).

7 BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura do
8 milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos.
9 **Ciência Rural**, v.35, n.1, p.245-252, 2005.

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

13 BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; COSTA, J.M.; KOSINSKI, C.L.;
14 PANISON, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Espaçamento reduzido e plantio
15 cruzado associados a diferentes densidades de plantas de soja. **Semina Ciências**
16 **Agrárias**, v.36, n.5, p.2977-2986, 2015b.

17 BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise**
18 **de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de
19 Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

20 BRUNS, H.A. Planting date, rate and twin-row vs. single-row soybean in the Mid-
21 South. **Agronomy Journal**, v. 103, n.5, p.1308-1313, 2011a.

22 BRUNS, H.A. Comparisons of single-row and twin-row soybean production in the
23 Mid-South. **Agronomy Journal**, v.103, n.3, p.702-708, 2011b.

24 CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e
25 a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p.183-188, 1995.

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

28 COX, W.J.; CHERNEY, J.H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding
29 rates but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v.102, n.4, p.1238-1243,
30 2010.

31 DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Effect of row spacing and seeding rate on soybean
32 yield. **Agronomy Journal**, v.100, n.3, p.704-10, 2008.

33 EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de**
34 **Produção de Soja - Região Central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa
35 Soja, 2011. 261 p.

36 FARIAS, J.R.B.; ASSAD, E.D.; ALMEIDA, I.R.; EVANGELISTA, B.A.; LAZZAROTTO,
37 C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Caracterização de risco de déficit hídrico
38 nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**,
39 v.9, p.415-421, 2001.

- 1 FERREIRA, A.S.; WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; ZUCARELI, C.; AGUIAR
2 E SILVA, M.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.; COELHO, A.E. Densidade de
3 plantas afetando o tamanho e a retenção de clorofila em grãos de soja. In:
4 Congresso Brasileiro de Soja, VII, Florianópolis. **Anais...**, Londrina: Embrapa Soja,
5 2015.
- 6 FREDERICK, J.R.; CAMP, C.R.; BAUER, P.J. Drought-stress effects on branch and
7 mainstem seed yield and yield components of determinate soybean. **Crop Science**,
8 v. 41, n. 3, p.759-763, 2001
- 9 FURLANI, C.E.A.; GAMERO, C.A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W.
10 Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de
11 inverno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n.1, p.375-380, 2008.
- 12 GASPARIN, E.; RICIERI, R.P.; SILVA, S.L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E.
13 Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu.
14 **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, n. 1, p.107-115, 2005.
- 15 HANNA, S.; CONLEY, S.P.; SHANER, G.E.; SANTINI, J.B. Fungicide application
16 timing and row spacing effect on soybean canopy penetration and grain yield.
17 **Agronomy Journal**, v.100, n.5, p.1488-1492, 2008.
- 18 HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE,
19 S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos
20 espaciais. **Bragantia**, v.65, n.2, p.285-295, 2006.
- 21 KUSS, R.C.R.; KONIG, O.; DUTRA, L.M.C.; BELLÉ, R.A.; ROGGIA, S.; STURMER,
22 G.R. Populações de plantas e estratégias de manejo de irrigação na cultura da soja.
23 **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1133-1137, 2008
- 24 LEE, C.D.; EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Soybean response to plant population at
25 early and late planting dates in the Mid-South. **Agronomy Journal**, v.100, n. 4,
26 p.971-976, 2008.
- 27 LIMA, S.F; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G.F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S.
28 Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a
29 severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, p.954-962,
30 2012.
- 31 NORSWORTHY, J.K.; SHIPE, E.R. Effect of row spacing and soybean genotype on
32 mainstem and branch yield. **Agronomy Journal**, v.97, n.3, p.919-923, 2005.
- 33 PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.;
34 GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de
35 soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. Piracicaba: **Scientia**
36 **Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89 - 96, 2000.
- 37 PROCOPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.;
38 PANISON, F. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de
39 crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias (Belém)**, v.56, n.4,
40 p.319-325, 2013.

- 1 PROCOPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C.;
 2 PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da
 3 soja. **Agro@ambiente online**, v.8, n.2, p.212-221, 2014.
- 4 RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G.
 5 Rendimento de grãos de soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural**, v.33,
 6 n.3, p.405-411, 2003.
- 7 RAMBO, L.; COSTA, J.A.; PIRES, J.L.F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F.G.
 8 Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes
 9 arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.33-40, 2004.
- 10 RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E.; BENSON, G.O. **How a soybean**
 11 **plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology:
 12 Cooperative Extension Service, 1994. 20p. (Special Report, 53).
- 13 ROBINSON, A.P.; CONLEY, S.P.; VOLENEC, J.J.; SANTINI, J.B. Analysis of high
 14 yielding, early-planted soybean in Indiana. **Agronomy Journal**, v. 101, n. 1, p. 131-
 15 139, 2009.
- 16 RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LUZ,
 17 J.S. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e fotoperíodo.
 18 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.3, p. 431-437, 2001.
- 19 SANTOS, H.G. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília:
 20 EMBRAPA, 2013. 353 p.
- 21 SILVA, P.R.A.; TAVARES, L.A.F.; SOUSA, S.F.G.; CORREIA, T.P.S; RIQUETTI,
 22 N.B. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura da soja. **Revista Brasileira de**
 23 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.293-297, 2015.
- 24 SUHRE, J.J.; WEIDENBENNER, N.H.; ROWNTREE, S.C.; WILSON, E.W.; NAEVE,
 25 S.L.; CONLEY, S.P.; CASTEEL, S.N.; DIERS, B.W.; ESKER, P.D.; SPECHT, J.E.;
 26 DAVIS, V.M. Soybean yield partitioning changes revealed by genetic gain and
 27 seeding rate interactions. **Agronomy Journal**, v. 106, n.5, p.1631-1642, 2014.
- 28 THOMPSON, N.M; LARSON, J.A.; LAMBERT, D.M.; ROBERTS, R.K.; MENGISTU,
 29 A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E.R. Mid-South soybean yield and net return as
 30 affected by plant population and row spacing. **Agronomy Journal**, v. 107, n.3,
 31 p.979-989, 2015.
- 32 THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel
 33 Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955 104p. (Publications in
 34 Climatology, vol III, n.1).
- 35 VENTIMIGLIA, L.A.; COSTA, J.A.; THOMAS, A.L.; PIRES, J.L.F. Potencial de
 36 rendimento da soja em razão da disponibilidade de fósforo no solo e dos
 37 espaçamentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.2, p.195-199, 1999.
- 38 ZHOU, X.B.; CHEN, Y.H.; OUYANG, Z. Spacing between rows: effects on water-use
 39 efficiency of double-cropped wheat and soybean. **Journal of Agricultural Science**,
 40 v. 153, n.1, p.90-101, 2015.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares BMX Potência RR e BRS 359 RR apresentam características morfofisiológicas que representam a maioria das cultivares de soja utilizadas no Brasil na atualidade, com exceção da tecnologia que confere resistência à toxina *Bacillus thuringiensis* (Bt) e passou a ser usada em larga escala na safra 2015/16. No entanto, embora essas cultivares apresentem características modernas de porte, ciclo, tipo de crescimento e arquitetura foliar, ambas apresentaram alta plasticidade fenotípica em relação às alterações no arranjo espacial de plantas, propiciando modificações nos componentes de rendimento a fim de garantir a manutenção da produtividade.

Salienta-se que os novos espaçamentos entre fileiras testados nesta pesquisa não apresentaram resultados promissores em relação à produtividade de grãos em ambas as cultivares testadas em comparação com o espaçamento tradicionalmente adotado. Tais fatos, aliados à falta de maquinário para a semeadura em fileiras duplas e espaçamento reduzido e às dificuldades na operação de semeadura do espaçamento cruzado, indicam a maior eficiência do espaçamento tradicional de 0,45 e 0,5 m, já utilizado pelos agricultores.

É importante enfatizar que o déficit hídrico ocorrido de forma acentuada na primeira safra e de forma moderada na segunda, durante o período de enchimento dos grãos, pode ter limitado a magnitude da resposta da soja aos arranjos de plantas, tendo em vista que este é um dos períodos mais críticos para a ocorrência de estresses na cultura.

No entanto a plasticidade fenotípica apresentada pelas cultivares, sobretudo em relação a modificações na densidade de semeadura, indicam para uma possível redução na densidade de semeadura sem que haja prejuízo à produtividade. Isso traria maior rentabilidade aos produtores pois o custo da semente e seu tratamento estão cada vez mais onerosos. Contudo, mais pesquisas são necessárias para investigar os níveis de redução que a cultura suporta sem reduzir a produção de grãos.

Além disso deve-se avaliar os efeitos da redução da densidade em diferentes condições ambientais, pois os resultados até aqui, quando confrontados com a literatura, indicam que em anos com condições adequadas de precipitação e temperatura a cultura suporta maior redução na densidade sem grandes prejuízos à

1 produtividade, entretanto quando ocorrem condições adversas, o uso de densidades
2 reduzidas pode resultar em quebra do rendimento de grãos. Por fim é necessário
3 investigar o uso de baixas densidades de plantas no crescimento e distribuição do
4 sistema de raízes, nos teores de óleo e proteína dos grãos e na qualidade fisiológica
5 das sementes.

6