UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

ARRANJO DE PLANTAS, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE SOJA

ÉLIDE DALZOTO COSTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU- SP
Setembro - 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

ARRANJO DE PLANTAS, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE SOJA

ÉLIDE DALZOTO COSTA

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Cavariani

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU- SP
Setembro - 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Costa, Élide Dalzoto, 1982-
C837a Arranjo de plantas, características agronômicas e produtividade de soja / Élide Dalzoto Costa. – Botucatu : [s.n.], 2013
ix, 60 f. : tabs., ils. color., fots. color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Cláudio Cavariani
Inclui bibliografia

1. Soja - Cultivo. 2. Soja – Produtividade agrícola. 3. Soja – Espaçamento. 4. Soja – Rendimento. I. Cavariani, Cláudio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "**ARRANJO DE PLANTAS, CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVIDADE DE SOJA**"

ALUNA: ÉLIDE DALZOTO COSTA

ORIENTADOR: PROF. DR. CLÁUDIO CAVARIANI

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA:

PROF. DR. CLÁUDIO CAVARIANI

PROF. DR. SILVIO JOSÉ BICUDO

PROF. DR. ANTONIO EDUARDO PIPOLO

Data da Realização: 30 de setembro de 2013.

"Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos. Fazer ou não fazer algo só depende da nossa vontade e perseverança."

Albert Einstein

Aos meus pais, **Ejandir Costa Rosa** (in memorian) e **Inêz Dalzoto Costa** pelos valores passados, e pelo amor incondicional, sempre apoiando minhas escolhas.
Ao meu esposo José Darley, pelo amor, compreensão e incentivo em todos os momentos.
Aos meus irmãos Eder e Edinéa, por todas as lutas, lágrimas, conquistas e principalmente por estarem, cada um a seu modo, sempre presentes.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, benção e proteção.

À minha família pelo apoio e compreensão, em especial ao apoio da minha mãe Inêz Dalzoto Costa com suas orações.

À Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Cláudio Cavariani, a quem expresso minha gratidão pela orientação, incentivo, confiança e principalmente pela amizade.

Ao Prof. Dr. Hilton Thadeu Zarate do Couto por suas ajudas constantes em momentos fundamentais.

À Fundação ABC pelo apoio na implantação e condução do experimento e em especial ao Eng°. Agr°. MS. Rudimar Molin, pela ideia, apoio, incentivo e compreensão em todas as etapas deste trabalho.

Aos funcionários da Fundação ABC, que participaram diretamente ou indiretamente da concretização deste trabalho, em especial ao Técnico Agrícola Lucas Rock Van Engelenhoven pelo empenho e dedicação durante o período de condução do experimento.

Às amigas Angélica Iaros e Deise Paula da Silva pela imprescindível colaboração, amizade e incentivo no decorrer da jornada.

A todos meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

Página

LISTA DE FIGURAS VII
LISTA DE TABELAS VIII
RESUMO 1
SUMMARY 3
1. INTRODUÇÃO 4
2. REVISÃO DE LITERATURA 6
2.1 Aspectos gerais da distribuição espacial e área ocupada pela planta de soja 6
2.2 Espaçamento entre linhas e população de plantas de soja 9
2.3 Componentes de produção de plantas de soja 13
3. MATERIAL E MÉTODOS 16
3.1 Local e época da realização do experimento 16
3.2 Caracterização de solo e do clima 16
3.3 Delineamento experimental e tratamentos 18
3.4 Unidades experimentais 18
3.5 Descrição das cultivares de soja 19
3.6 Instalação e condução do experimento 20
3.7 Colheita do experimento 22
3.8 Avaliações de campo 23
3.8.1 Fechamento foliar das plantas entre linhas de semeadura 23
3.8.2 Índice de área foliar 23
3.8.3 Características agronômicas e componentes de produção 24
3.8.3.1 Altura média das plantas 24
3.8.3.2 Altura média de inserção da primeira vagem 24
3.8.3.3 Número médio de ramificações por planta 25
3.8.3.4 Número médio de vagens por planta 25
3.8.3.5 Número médio de grãos por planta 25
3.8.3.6 Número médio de grãos por vagem 25
3.8.4 Massa de 100 grãos 25
3.8.5 Produtividade de grãos 26
3.9 Análise estatística 26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
4.1 Fechamento foliar das plantas entre linhas de semeadura 27

4.2 Índice de área foliar 29
4.3 Altura de plantas 30
4.4 Altura de inserção da primeira vagem 32
4.5 Número de ramificações por planta 33
4.6 Número de vagens por planta 36
4.7 Número de grãos por planta 38
4.8 Número de grãos por vagem 39
4.9 Massa de 100 grãos 41
4.10 Produtividade de grãos 43
5. CONCLUSÃO 46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47
7. ANEXOS 58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ceptômetro AccuPAR Lp-80. 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área experimental. Arapoti/PR, 2011. 17

Tabela 2. Precipitação pluvial (mm), temperatura média do ar (°C) e radiação solar global média (MJ/m^2) mensais verificadas no período de Setembro de 2010 a Abril de 2011 em Arapoti/PR. ... 17

Tabela 3. Número dos tratamentos, espaçamentos entre linhas, e população de plantas de duas cultivares de soja. Arapoti/PR, 2011. 19

Tabela 4. Características principais das cultivares de soja NA 5909RG e BMX PotênciaRR. Arapoti/PR, 2011 20

Tabela 5. Espaçamento entre linhas, população de plantas, estande e distância entre plantas de soja. Arapoti/PR, 2011 21

Tabela 6. Tempo de fechamento foliar (dias) das plantas entre linhas de semeadura de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011. 28

Tabela 7. Tempo de fechamento foliar (dias) das plantas entre linhas de semeadura em função de espaçamentos e populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares de soja. Arapoti/PR, 2011 29

Tabela 8. Índice de área foliar (IAF - $m^2\ m^{-2}$) de duas cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011 30

Tabela 9. Altura de plantas de soja (cm) em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011 31

Tabela 10. Altura de plantas de soja (cm) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011. 32

Tabela 11. Altura de inserção da primeira vagem (cm) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011 33

Tabela 12. Número de ramificações por planta em função de espaçamentos e cultivares de soja, dados médios de quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011. 34

Tabela 13. Número de ramificações por planta em função de espaçamentos e populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares. Arapoti/PR, 2011. 35

Tabela 14. Número de ramificações por planta em função de populações de plantas e cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011. 36

Tabela 15. Número de vagens por planta em função de populações de plantas e cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011. 37

Tabela 16. Número de grãos por planta em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011 38

Tabela 17. Número de grãos por planta em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011. 39

Tabela 18. Número de grãos por vagem em função de espaçamentos entre linhas de soja, dados médios de duas cultivares e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011..... 40

Tabela 19. Número de grãos por vagem em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011..... 40

Tabela 20. Massa de 100 grãos de soja (g) em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011..... 41

Tabela 21. Massa de 100 grãos de soja (g) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011. 42

Tabela 22. Massa de 100 grãos de soja (g) em função de espaçamentos e cultivares de soja, dados médios de quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011. 43

Tabela 23. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função de espaçamentos entre linhas de soja, dados médios de duas cultivares e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011..... 44

Tabela 24. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011. 45

RESUMO

A elevação do rendimento de grãos na cultura da soja tem-se constituído num grande desafio, e dentre as novas práticas de manejo em estudo para maximizar o potencial produtivo está à utilização de diferentes arranjos espaciais de plantas. O trabalho teve como objetivo avaliar efeitos do arranjo de plantas de soja de tipo de crescimento indeterminado sobre os componentes de produção e produtividade de grãos. O experimento foi conduzido na estação experimental da Fundação ABC, no município de Arapoti, PR, durante o ano agrícola de 2010/2011. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas e quatro repetições, com a parcela principal composta de três espaçamentos entre linhas (20, 40 e 60 cm) e as subparcelas pela combinação de quatro populações de plantas (150, 250, 350 e 450 mil plantas ha^{-1}) e duas cultivares (BMX PotênciaRR e NA 5909RG). As características avaliadas foram o fechamento foliar das plantas entre linhas de semeadura, o índice de área foliar, a altura média das plantas, a altura média de inserção da primeira vagem, o número médio de ramificações por planta, o número médio de vagens por planta, o número médio de grãos por planta, o número médio de grãos por vagem, a massa de 100 grãos e a produtividade de grãos. Em função dos resultados obtidos, concluiu-se que alterações no arranjo espacial de plantas de soja de tipo de crescimento indeterminado podem influenciar positivamente na produtividade de grãos e seus componentes. Foi verificado aumento da produtividade de grãos com a redução do espaçamento entre linhas,

independente da população de plantas e da cultivar. A elevação da população de plantas de soja na linha de semeadura ocasionou reduções do número de vagens por planta, de grãos por planta e do número de ramificações; em contrapartida, elevou a massa de 100 grãos, a altura média das plantas e a altura média de inserção da primeira vagem.

Palavras-chave: *Glycine max*, espaçamento entre linhas, população de plantas, disposição de plantas.

PLANTS ARRANGEMENT, AGRONOMIC CHARACTERISTICS AND SOYBEAN PRODUCTIVITY. Botucatu, 2013. 60p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ÉLIDE DALZOTO COSTA

Adviser: CLÁUDIO CAVARIANI

SUMMARY

The raise in the grain yield of soybean cultivation has constituted a great challenge, and among the new management practices in study to maximize the productive potential is the use of different spatial plants arrangements. The work had as a objective to evaluate effects of the soybean plants arrangement of indeterminate growth type on production components and grain productivity. The experiment was lead at the ABC Foundation experimental station, in the city of Arapoti, PR, during the agricultural year of 2010/2011. The experimental lineation used was the one with randomized blocks in split portions and four repetitions, with the main portion consisted of three spacings between rows (20, 40 and 60 cm) and the subportions by the combination of four plant populations (150, 250, 350 and 450.000 plants ha^{-1}) and two cultivars (BMX PotênciaRR and NA5909RG). The evaluated characteristics were the leaf closure of plants between sowing rows, the leaf area index, the plant height average, the insertion average height of the first pod, the average number of branches per plant, the average number of pods per plant, the average number of grains per plant, the average number of grains per pod, the mass of 100 grains and the grains productivity. According to the obtained results, it was concluded that changes in the spatial arrangement of soybean plants of indeterminate growth type can positively influence on grains productivity and its components. It was found increased grain productivity with the reducing of spacing between lines, regardless of plants population and cultivar. The raise of soybean plants population in the sowing row caused reductions in the number of pods per plant, grains per plant and the number of branches; on the other hand, it increased the mass of 100 grains, the plant height average and the insertion average height of the first pod.

Keywords: *Glycine max*, spacing between the lines, plants population, plants arrangement.

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a cultura que ocupa a maior área plantada no Brasil e é uma das principais do mundo. Atualmente, os líderes mundiais na produção de soja são os Estados Unidos, Brasil, Argentina, China, Índia e Paraguai. É a cultura que ocupa importante papel sócio-econômico no cenário mundial, razão para os constantes avanços tecnológicos para o alcance de maiores produtividades e lucratividades.

Nos últimos anos a crescente elevação da produtividade da cultura transformou o país em referência mundial na produção de soja, devido a fatores como adequado uso de tecnologia por parte dos produtores, fomento da pesquisa e obtenção de novas cultivares mais produtivas e menos susceptíveis às condições adversas que acometem a cultura.

Por outro lado, devido à dinâmica da agricultura e em particular da cultura da soja, mudanças relevantes tem ocorrido no campo alterando a preferência dos agricultores. Até no início dos anos 2000 a maioria das cultivares semeadas eram de tipo de crescimento determinado, apresentando algum grau de acamamento e mais tardias. Com a possibilidade de plantio de duas safras de verão em algumas regiões do Brasil e posteriormente devido ao aparecimento da ferrugem asiática da soja na safra 2000/2001, a preferência pelo plantio antecipado e pela precocidade passou a ser crescente. Atualmente é interessante observar que a maioria das cultivares lançadas pelos obtentores é de tipo de

crescimento indeterminado, características que têm apresentado vantagens agronômicas e de manejo como, por exemplo: antecipação da época de semeadura e precocidade, permitindo o plantio da segunda safra de verão com bons rendimentos; ampla faixa de adaptação e amplitude da época de semeadura numa mesma região, características mais restritivas nos genótipos de tipo de crescimento determinado anteriormente plantados. Portanto, a atual mudança da preferência dos agricultores pelo tipo de crescimento indeterminado, ainda a pouco estudado no Brasil, exige estudos para determinar novos arranjos de plantas visando maximizar os rendimentos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos do arranjo de plantas de soja de tipo de crescimento indeterminado sobre os componentes de produção e produtividade de grãos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da distribuição espacial e área ocupada pela planta de soja

A cultura da soja ganha cada vez mais importância na agricultura mundial. Devido à grande diversidade do uso da oleaginosa e ao aumento da demanda global por alimentos, a área destinada ao seu cultivo é crescente. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2012), a área plantada no mundo passou de 81,48 milhões de hectares na safra 2002/03 para 108,55 milhões na safra 2012/13, um crescimento de 33% na década.

Além do aumento na área plantada, o investimento em pesquisa e no desenvolvimento de cultivares mais produtivas tem melhorado o rendimento e ajudado a alavancar a produção. A produtividade mundial e brasileira estimada para a safra 2012/13 é de 2.435 kg ha^{-1} e 3.106 kg ha^{-1} respectivamente. Nos últimos quatro anos a produção mundial saltou de 211,64 milhões de toneladas para 264,28 milhões, um incremento de 25% (USDA, 2012).

No contexto mundial, o Brasil possui significativa participação na oferta e na demanda de produtos do complexo agroindustrial da soja, o qual vem desempenhando papel fundamental para o desenvolvimento de várias regiões do país.

Ao longo das últimas décadas a produção brasileira de soja apresentou um grande avanço, impulsionada não somente pelo aumento de área semeada, mas também, pela aplicação de técnicas de manejo avançadas que permitiram o incremento na produtividade. Seguindo a tendência mundial, a cultura da soja ganha cada vez mais espaço na produção agrícola brasileira. O aumento constante do consumo de alimentos, entre eles a carne, devido não somente ao crescimento populacional assim como também à melhoria da renda nos países emergentes tem feito com que haja maior investimento nos últimos anos (SEAB, 2012).

A implantação de programas de melhoramento de soja no Brasil possibilitou o avanço da cultura para regiões de baixas latitudes, devido ao desenvolvimento de cultivares mais adaptadas decorrentes da incorporação de genes que atrasam o florescimento, mesmo em condições de fotoperíodo indutor, e conferem assim, a característica período juvenil longo (KIIHL; GARCIA, 1989). Com a aprovação da Lei de Cultivares em 1998, o mercado brasileiro de sementes passou a ser bastante disputado devido ao seu tamanho e da possibilidade de capturar valor com o lançamento de novas cultivares. Isso proporcionou um grande aumento no número de empresas de melhoramento nacionais e multinacionais. Esses programas de melhoramento vêm desenvolvendo novas cultivares de soja com alta estabilidade, adaptabilidade, com características agronômicas desejáveis e alta produtividade de grãos, para todas as regiões produtoras do território brasileiro.

A elevação do rendimento de grãos por área da soja tem-se constituído em grande desafio para os pesquisadores. Há necessidade da busca de novas práticas de manejo que maximizem a utilização dos fatores ambientais disponíveis, sem a elevação dos custos de produção, para que o potencial de rendimento seja atingido.

O arranjo de plantas é uma prática de manejo que vem sendo estudada ao longo dos anos e demonstra ter, em soja, associação com a modificação da distribuição espacial e o aumento de rendimento por área. A redução do espaçamento é outra prática de manejo usada na busca de arranjos que propiciem menor competição entre plantas, já tendo sido comprovada uma série de vantagens com a sua utilização como melhor eficiência do uso da água devido ao sombreamento mais rápido do solo, melhor distribuição de raízes, redução da competição intraespecífica, maior habilidade de

competição com plantas daninhas, exploração mais uniforme da fertilidade do solo e maior e mais antecipada interceptação da energia solar (RAMBO, 2003).

A produtividade de uma cultura depende, além dos fatores genéticos, das condições de solo e de clima, particularmente da radiação solar (ARGENTA et al., 2001). Para obtenção de altos rendimentos de grãos, Melges et al. (1989) sugeriram a maximização da interceptação da radiação solar. Assim, pode-se afirmar que a produção da planta é dependente da fotossíntese e uma das maneiras de se aumentar a interceptação de radiação, e consequentemente o rendimento de grãos, é através da adoção de adequado arranjo de plantas (ARGENTA et al., 2001).

Plantas de soja têm características de alta plasticidade, ou seja, capacidade de adaptação às condições ambientais e de manejo por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes de produção. O modo como ocorrem tais modificações pode estar relacionada com fatores como altitude, latitude, textura e fertilidade do solo, época de semeadura, população de plantas e espaçamento entre linhas, sendo importante o conhecimento das interações entre eles para definição do conjunto de práticas que trariam respostas mais favoráveis à produtividade agrícola (HEIFFIG, 2002).

O arranjo de plantas pode ser manipulado através de alterações na densidade de plantas, no espaçamento entre linhas e na distribuição de plantas na linha; as variações nas distâncias entre plantas na linha e entre linhas de semeadura conferem os diferentes arranjos na lavoura (ARGENTA et al.,2001).

O melhor arranjo é teoricamente, aquele que proporciona distribuição mais uniforme de plantas por área, possibilitando melhor utilização de luz, água e nutrientes. Idealmente, plantas espaçadas equidistantemente competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores de crescimento (LAÜER, 1994).

Desse modo, o desenvolvimento de práticas de cultivo inovadoras, que possibilitem extrair o máximo potencial produtivo devem ser incentivadas. O estudo do comportamento de cultivares, em relação à distribuição espacial (distâncias entre plantas e entre linhas de cultivo), é importante para avaliar se uma disposição diferente das plantas no campo pode aumentar a produtividade em relação às obtidas atualmente e, consequentemente aumentar o lucro do produtor rural (RAMBO, 2002; HEIFFIG et al., 2006).

2.2 Espaçamento entre linhas e população de plantas de soja

De acordo com as indicações técnicas para o cultivo da soja na região Sul do Brasil, nas épocas indicadas de semeadura, devem ser empregados espaçamentos de 20 a 50 cm entre linhas e população em torno de 300.000 plantas por hectare ou 30 plantas m^{-2}, com possíveis variações em função de indicações do obtentor da cultivar. Variações de 20 a 25% para mais ou para menos, não alteram, significativamente, o rendimento de grãos, para a maioria dos casos, desde que as plantas sejam distribuídas uniformemente (REUNIÃO, 2012). Populações de plantas superiores à recomendada não proporcionam acréscimos na produtividade, além de acarretar aumentos nos gastos com sementes e possível acamamento das plantas. Por outro lado, a adoção de populações inferiores à recomendada favorece o desenvolvimento de plantas daninhas e pode resultar em plantas muito ramificadas e de altura reduzida, o que também elevam a perdas no momento da colheita.

Os espaçamentos entre linhas e a densidade de plantas nas linhas de semeadura podem ser alterados, com a finalidade de estabelecer o arranjo mais adequado à obtenção de maior produtividade e adaptação à colheita mecanizada (TOURINO et al., 2002).

Para uma planta atingir seu potencial máximo de produção é necessário que, além de encontrar as melhores condições de água e clima, sofra o mínimo de competição. Estudos de novos arranjos de plantas com disposições na lavoura permitem minimizar a competição intraespecífica e maximizar o aproveitamento dos recursos ambientais disponíveis. As modificações do arranjo podem ser feitas por meio da variação do espaçamento entre as plantas dentro da linha de plantio e da distância entre as linhas (PIRES et al., 1998).

A combinação da densidade de plantas na linha com o espaçamento entre linhas define a população de plantas da cultura, com influências em algumas características agronômicas da planta de soja (URBEN FILHO; SOUZA, 1993) e, até, a produção de grãos (SANCHEZ; VELOSO, 1974).

De modo geral, a maior resposta ocorre em função da variação no espaçamento entre linhas, com tendência de maiores rendimentos nos menores

espaçamentos (THOMAS et al.,1998; COSTA et al., 1999; PIRES et al., 1999). Peixoto et al. (2000) concluíram que os componentes do rendimento apresentaram variações entre eles, com efeitos de compensação, no sentido de uniformizar o rendimento de grãos, entre cultivares, densidades de plantas e épocas de semeadura.

Fontoura et al. (2006) sugeriu em seu trabalho que a redução do espaçamento entre linhas aumenta a tolerância da soja ao desfolhamento e que os componentes do rendimento da soja contribuirão, de forma diferenciada, para o rendimento de grãos em função do manejo.

Diversos trabalhos, utilizando espaçamentos entre linhas de 17 cm até 100 cm, têm verificado acréscimos de até 40% no rendimento de grãos de soja com cultivares de tipo de crescimento determinado (HERBERT; LITCHFIELD, 1982; ETHREDGE et al., 1989; BOARD et al., 1990; PIRES et al.,1998; VENTIMIGLIA et al., 1999) com a redução do espaçamento. Lunin e Gallatin (1960) referiram-se ao espaçamento de 20 cm entre linhas como uma prática de manejo eficiente, pois as plantas daninhas que emergem mais tardiamente são controladas pelo sombreamento proporcionado pelas plantas de soja dispostas em linhas menos espaçadas.

Melhorança e Mesquita (1982) comprovaram incremento no rendimento de grãos de soja à medida que o espaçamento entre linhas foi reduzido, independente da época de semeadura. Demonstraram também, que o espaçamento não afeta a duração dos subperíodos emergência de plantas à floração e emergência de plantas à maturação. Marques e Lin (1982) também verificaram rendimentos superiores à medida que o espaçamento entre linhas foi reduzido; considerando-se a mesma população por unidade de área foi constatado incremento de 30% no rendimento com a redução de 60 para 30 cm entre linhas. Conforme Pires et al.(1998) a redução no espaçamento entre linhas proporcionou elevação do rendimento de grãos de soja, por influencia dos componentes que determinam o potencial de rendimento e o rendimento de grãos; a matéria seca e o índice de área foliar foram maiores no estádio fenológico V6, à medida que diminui o espaçamento entre linhas. Também Vertimiglia et al. (1999) relacionaram a redução do espaçamento entre linhas com aumentou do rendimento de grãos, em consequência da melhor distribuição espacial das plantas na área.

Ainda quanto aos espaçamentos, RAMBO (2003) e RAMBO et al. (2004) demonstraram que espaçamento menor entre linhas (20 cm), associado à menor população (20 plantas m^{-2}), reduziu a perda do potencial produtivo, resultando em maior rendimento de grãos devido a um maior número de flores e legumes por área no final do ciclo.

A utilização de espaçamentos menores entre linhas e populações maiores de plantas resulta em estratégia de manejo para aumentar a altura da planta e a altura da inserção das primeiras vagens, o que facilita a colheita e reduz as perdas (HEIFFIG, 2002).

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

A variação da população de plantas pode ser uma alternativa fácil e viável, por permitir que a cultura alcance a máxima interceptação de luz mais precocemente, em consequência, da capacidade produtiva. Possivelmente a resposta ao uso de diferentes espaçamentos entre linhas esteja relacionada com o genótipo utilizado, fato confirmado por Norsworthy e Shipe, (2005) ao mencionarem a necessidade de selecionar os genótipos que proporcionam rendimento superior em espaçamentos maiores dos que apresentam em espaçamentos menores e desta forma, semear-se o genótipo mais adequado para o espaçamento entre linhas desejado.

A população de planta ideal de cada cultivar depende das características desta relacionada ao ciclo biológico, altura da planta, tipo de crescimento, índice de acamamento e do período juvenil (GILIOLI, 2000).

As populações ideais de plantas de soja variam em função do espaçamento entre linhas (WALKER et al., 2010). Em semeaduras tardias, espaçamentos reduzidos podem proporcionar maior número de nós reprodutivos por área, com

rendimentos mais elevados que os obtidos nos espaçamentos tradicionais (BOARD; HARVILLE, 1993; THOMAS et al., 2010).

As alterações relacionadas à população de plantas podem reduzir ou aumentar os ganhos em produtividade, pois essa característica é consequência da densidade das plantas nas linhas e do seu espaçamento entre estas. Entretanto, a população de plantas é o fator que menos afeta a produtividade, desde que as plantas estejam distribuídas uniformemente na área (ENDRES, 1996), uma vez que a soja possui capacidade de adaptar-se de modo eficiente aos espaços disponíveis (capacidade de compensação) através de modificações em sua morfologia e nos seus componentes de produção (DENARDI et al., 2003; VASQUEZ et al., 2008).

Para uma população fixa, a produção por planta decresce quando são elevados a densidade de plantas na linha e o espaçamento entre linhas. Isto ocorre em razão da maior competição entre plantas dentro de uma mesma fileira, resultando em uma tendência a menor produção por unidade de área (CÂMARA, 1998; PELUZIO et al., 2002).

Debortoli et al. (2006) ressaltaram que a distribuição mais adequada de plantas na área proporciona maior retenção e eficiência foliar, principalmente no dossel inferior, devido à constante interceptação de radiação bem como penetração e cobertura do fungicida refletindo em incremento de produtividade.

O advento de cultivares de soja com maiores portes e a melhoria na capacidade produtiva do solo permitiram redução da densidade de plantas para menos de 400 mil plantas por hectare. Por essa e outras razões, a população de plantas recomendada varia entre 200 e 300 plantas por hectare, principalmente em condições favoráveis ao acamamento. Um exemplo dessas condições são os grandes volumes de restos vegetais deixados sobre o solo pelos cereais de inverno, em regiões de clima temperado, sob o sistema de plantio direto. Nessas situações, novamente se recorre à genética e ao manejo, escolhendo cultivares com menores tendências ao acamamento, semeadas em menores populações (TECNOLOGIAS..., 2008).

Dutra et al. (2007) realizaram levantamento de resultados de pesquisa sobre população de plantas em soja e observaram influência direta do genótipo na resposta a diferentes populações, tendo cultivares que aumentam o rendimento, outras que

mantém o rendimento estável e algumas que reduzem o rendimento com o aumento da população de plantas.

Zabot (2009) analisando as cultivares conjuntamente com as práticas de manejo densidade de semeadura e espaçamento entre linhas em relação ao rendimento de grãos de soja, observou comportamentos distintos entre os genótipos, razão para a proposição de uma classificação das cultivares em três grupos de respostas às práticas, ou seja, cultivares com plasticidade, pouco plásticas e não plásticas. De acordo com Cooperative... (1994), a plasticidade consiste na capacidade da planta alterar sua morfologia e componentes do rendimento a fim de adequá-los à condição imposta pelo arranjo de plantas.

Trabalhos com população de plantas de soja com ausência de diferenças no rendimento, mesmo com variações entre 8 a 63 plantas m^{-2}, como os de Rubin (1997) e de Pires et al.(1998), possivelmente foram realizados apenas com cultivares plásticas pois, para genótipos com essa característica a possibilidade de erro na escolha da densidade de semeadura e espaçamento entre linhas a ser utilizado é menor, quando comparado às cultivares não plásticas que dependem da escolha de práticas culturais bastantes específicas para expressar o seu potencial produtivo, como observado por Zabot (2009), Rambo (2003) e Dutra et al. (2007).

Sobre o aumento na população de plantas Martins et al. (1999) relataram efeito na emissão de ramos da haste principal de soja; trabalhando com diferentes populações e duas épocas de semeadura (normal e tardia), os autores constataram, em ambas as épocas, redução no número de ramos com o aumento da densidade de plantas de 10 até 30 plantas m^{-2}. Resultados semelhantes já tinham sido verificados por Queiroz (1975) e Rosolem et al. (1983).

2.3 Componentes de produção de plantas de soja

Os principais componentes do rendimento de grãos em soja são o número de plantas por área, número de legumes por planta (ou por área), número de grãos por legume e massa de grãos (MUNDSTOCK; THOMAS, 2005).

A estimativa da produtividade agrícola da soja pode ser realizada mediante avaliações de seus componentes de produção. Conforme Navarro Júnior e Costa (2002), os números de vagens/planta e de grãos/vagem são os dois componentes mais determinantes da produtividade de grãos de soja; alterações em ambos os componentes são responsáveis diretos pelo ajuste da produtividade e podem ocorrer com a modificação na população de plantas. Entretanto, é conhecida a existência de variação dos referidos componentes entre indivíduos de uma população de plantas em função de vários fatores, desde a implantação da cultura, influenciando o número de plantas por área, até a disponibilidade de assimilados, que pode ser modificada pelo arranjo de plantas, e que afetam os demais componentes (número de vagens/planta, número de grãos/vagem e a massa de grãos).

O rendimento de grãos resulta da capacidade da planta interceptar, absorver e utilizar a radiação fotossinteticamente ativa para produzir e fornecer fotoassimilados à formação, fixação e desenvolvimento de estruturas reprodutivas (MARCHEZAN; COSTA, 1983; EGLI et al., 1985; JIANG; EGLI, 1993; EGLI; CORNELIUS, 2009; PROULX; NAEVE, 2009) e se correlaciona linearmente com o número de grãos por área. O número de legumes por área tem maior influência no rendimento de grãos que o número de grãos por legume (BOARD; HARVILLE, 1994; BOARD; MARICHERLA, 2008).

Também Board e Tan (1995) atribuíram grande importância ao número de legumes na determinação da produtividade de soja, com evidências de ser influenciado pela fonte de assimilados desde o estádio R1 (início do florescimento) até 10 a 12 dias após o estádio R5 (início do enchimento de grãos), razão para que os estresses que afetam a capacidade assimilatória, durante este período, sejam evitados.

O número de legumes m^{-2} aumenta com a diminuição do espaçamento entre linhas (de 30 para 15 cm). No entanto, o número de grãos por legume e a massa de grãos também são alterados. O fato representa maior capacidade de demanda de fotoassimilados, devido ao aumento no número de legumes por unidade de área em espaçamento entre linhas de 15 cm que, aliada ao melhor aproveitamento da radiação incidente, determina rendimento de grãos superior àquele obtido em plantas com espaçamento entre linhas de 30 cm (UDOGUCHI; McCLOUND, 1987).

De acordo com Heiffig (2002), o número de legumes por planta de soja é o componente do rendimento de grãos mais influenciado pela população de plantas, e varia inversamente ao aumento ou redução da população (PEIXOTO et al., 2000).

O número de grãos por legume é fortemente influenciado pelo fato da maioria das cultivares de soja serem selecionadas para formar três óvulos por legume (McBLAIN; HUME, 1981). Segundo Heiffig (2002), o número de grãos por legumes é uma característica tipicamente genética e não sofre influência de componentes testando populações de plantas.

De acordo com Pandey e Torrie (1973), a massa média de grãos é geneticamente determinada com influencia, todavia do ambiente. A falta de água durante o enchimento de grãos limita o rendimento da soja (ASHLEY; ETHRIDGE, 1978; WRIGHT et al., 1984), principalmente por reduções em tamanho e massa dos grãos (SALINAS et al., 1996).

A produtividade da cultura é definida pela interação entre a planta, o ambiente e o manejo. Altos rendimentos são obtidos somente quando as condições ambientais são favoráveis em todos os estádios de crescimento da soja (GILIOLI et al.,1995).

Rambo et al. (2002), em trabalho com a cultivar de soja BRS 137 sobre rendimento de grãos em dois regimes hídricos, obtiveram produtividades de 5530 kg ha^{-1} e 4898 kg ha^{-1}, para tratamentos irrigado e não irrigado, respectivamente. Ao avaliarem diferentes populações de plantas foram encontrados maior massa de grãos no espaçamento de 20 cm e na população de 20 plantas m^{-2}, com massa de 100 grãos de 18,4 g, número de grãos por legume de 2,20 e 1329 legumes férteis m^{-2}, valores estes para a planta inteira. Para os referidos autores as reduções no espaçamento entre linhas e na população de plantas aumentam a contribuição dos estratos médio e inferior do dossel para o rendimento de grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época da realização do experimento

O experimento foi realizado na Estação Experimental da Fundação ABC, no município de Arapoti, PR, localizada a 24º11'44" de latitude Sul, 49º52'33" de longitude Oeste e 877 m de altitude. A instalação do experimento ocorreu em 25 de Outubro de 2010, colhendo-se as parcelas em 2 de Abril de 2011.

3.2 Caracterização do solo e do clima

O solo da área experimental é classificado como LVd1 – Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado, de textura média, com relevo ondulado (declividade 2 – 4%) (EMBRAPA, 1999), contendo 220 g kg^{-1} de argila total, 77 g kg^{-1} de silte e 694 g kg^{-1} de areia. As características químicas do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área experimental. Arapoti/PR, 2011.

Local	Prof (cm)	P mg dm^3	MO g dm^3	pH $CaCl_2$	H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V %	Al C.T.C %
					mmolc.dm^3								
Arapoti	00-20 cm	40	17	4,5	35	2,8	0,9	12	5	17,9	52,9	34	13,5

CTC = Capacidade de troca de cátions do solo a pH 7,0; Al = Saturação por alumínio; V = Saturação por bases; Método de extração = pH – $CaCl_2$; H+Al = Solução tampão SMP; Al,Ca e Mg = KCL 1 mol L-1; P e K = Resina;

O clima é classificado como Cfb, cujas características gerais são de clima mesotérmico (subtropical e temperado), com regime de precipitação sempre úmido (sem estação seca definida) e com verões amenos (temperatura média no mês mais quente inferior a 22ºC) (CAVIGLIONE et al., 2000; IAPAR, 2012).

Os dados climáticos relativos ao período experimental foram coletados diariamente na estação agrometeorológica da Fundação ABC, localizada próxima da área experimental, cujas médias estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2. Precipitação pluvial (mm), temperatura média do ar (°C) e radiação solar global média (MJ/m^2) mensais verificadas no período de Setembro de 2010 a Abril de 2011 em Arapoti/PR.

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Radiação Solar (MJ/m^2)
		Mínima	Média	Máxima	
Setembro	56,2	13,9	19,0	25,5	18,5
Outubro	164,6	13,3	18,4	24,8	20,0
Novembro	71,2	15,2	20,3	26,6	23,8
Dezembro	286,2	17,5	21,4	27,0	20,3
Janeiro	160,2	18,3	21,9	27,5	17,5
Fevereiro	74,0	16,8	20,5	25,9	14,1
Março	106,2	17,7	21,3	26,6	14,8
Abril	74,2	15,4	19,3	24,6	11,9

Fonte: TSUKAHARA, R. Y. Agrometeorologia – Fundação ABC, 2011.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições, com 24 tratamentos, totalizando 96 subparcelas. As parcelas principais foram constituídas por três espaçamentos entre fileiras (20, 40 e 60 cm) e as subparcelas por quatro populações de plantas (150.000, 250.000, 350.000 e 450.000 plantas ha^{-1}) combinadas com duas cultivares (BMX PotênciaRR e NA 5909RG). Os tratamentos foram compostos conforme demonstrado na Tabela 3.

3.4 Unidades experimentais

O experimento foi composto por 12 parcelas principais (espaçamentos) e 96 subparcelas (populações e cultivares). Cada unidade experimental teve 5,0 m de comprimento, com cinco linhas de semeadura no espaçamento de 60 cm (15,0 m^2), sete linhas no espaçamento 40 cm (14,0 m^2) e onze linhas no espaçamento de 20 cm (11,0 m^2). As áreas úteis compreenderam as três linhas centrais com 4 m de comprimento, nas subparcelas com espaçamento de 60 cm, cinco linhas centrais com 3,6 m de comprimento, nas subparcelas com espaçamento de 40 cm, e nove linhas centrais com 4 m de comprimento, nas subparcelas com espaçamento de 20 cm, totalizando, sempre, 7,2 m^2 por subparcela.

Tabela 3. Número dos tratamentos, espaçamentos entre linhas, e população de plantas de duas cultivares de soja. Arapoti/PR, 2011.

Tratamento	Espaçamento (cm)	Cultivar	População (plantas ha^{-1})
1	20	NA 5909RG	150.000
2			250.000
3			350.000
4			450.000
5		BMX PotênciaRR	150.000
6			250.000
7			350.000
8			450.000
9	40	NA 5909RG	150.000
10			250.000
11			350.000
12			450.000
13		BMX PotênciaRR	150.000
14			250.000
15			350.000
16			450.000
17	60	NA 5909RG	150.000
18			250.000
19			350.000
20			450.000
21		BMX PotênciaRR	150.000
22			250.000
23			350.000
24			450.000

3.5 Descrição das cultivares de soja

A fim de que os resultados tivessem representatividade para as lavouras comerciais, foram escolhidas as cultivares mais semeadas na região de atuação da Fundação ABC (Anexo 1) e com alto potencial produtivo, quais sejam NA 5909RG e BMX PotênciaRR, cujas características principais são apresentadas na Tabelas 4.

Tabela 4. Características principais das cultivares de soja NA 5909RG e BMX PotênciaRR. Arapoti/PR, 2011.

Características	Cultivar	
	NA 5009RG	BMX PotênciaRR
Grupo de maturidade relativa	5.9	6.7
Ciclo	Precoce	Semiprecoce
Tipo de crescimento	Indeterminado	Indeterminado
Cor da flor	Roxa	Branca
Cor da pubescência	Cinza	Cinza
Cor do hilo	Preto imperfeito	Marron claro
Acamamento	Resistente	Resistente
População de plantas (recomendada)	280 a 350 mil plantas ha^{-1}	200 a 280 mil plantas ha^{-1}

Fonte: BRASMAX, 2013 e NIDERA SEMENTES, 2013.

3.6 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido sob sistema de plantio direto na palha, em área cultivada com aveia preta cujo manejo constou da aplicação prévia de glifosato a 720 mL i.a. ha^{-1} no dia 5 de Agosto de 2010, quando a aveia encontrava-se no estádio de grão leitoso.

As sementes foram tratadas no dia da semeadura com fungicida metalaxyl-m + fludioxonil, na dose de 100 mL para 100 kg de sementes, e com inoculante, contendo duas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) em concentração de $5x10^9$ rizóbios mL^{-1}(100 mL 50 kg de $sementes^{-1}$).

Na semana antecedente à semeadura, as áreas foram sulcadas, nos espaçamentos pré-estabelecidos nos tratamentos, com semeadora de plantio direto marca Semeato, modelo SHM-1517, com mecanismo sulcador do tipo guilhotina. Nessa mesma operação foi realizada a adubação de base no sulco de semeadura.

A adubação de base foi definida em função dos resultados da análise química do solo e constou da distribuição de 300 kg ha^{-1}da fórmula 00-20-20, correspondente a 60 kg de P_2O_5 e 60 kg de K_2O, com emprego das fontes superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. A adubação potássica de manutenção foi

realizada a lanço, em uma única aplicação imediatamente após a semeadura, independente da umidade do solo, na dose de 50 kg ha^{-1} de cloreto de potássio.

A semeadura foi realizada manualmente, com o auxílio de "matracas" e réguas previamente marcadas, no dia 25 de Outubro de 2010, dentro da época de semeadura preferencial para o cultivo da soja na região. O número de sementes foi ajustado considerando-se a porcentagem de germinação, e um adicional de 10%, para obtenção das populações desejadas de plantas (Tabela 5). O ajuste da população de plantas em cada subparcela foi realizado manualmente, quando cerca de 50% das plantas encontravam-se no estádio V2 (Anexo 2) da escala de Fehr e Caviness (1977).

Tabela 5. Espaçamento entre linhas, população de plantas, estande e distância entre plantas de soja. Arapoti/PR, 2011.

Espaçamento (cm)	População (plantas ha^{-1})	Estande (plantas m^{-1})	Distância entre plantas (cm)
20	150.000	3,0	33,33
	250.000	5,0	20,00
	350.000	7,0	14,29
	450.000	9,0	11,11
40	150.000	6,0	16,67
	250.000	10,0	10,00
	350.000	14,0	7,14
	450.000	18,0	5,56
60	150.000	9,0	11,11
	250.000	15,0	6,67
	350.000	21,0	4,76
	450.000	27,0	3,70

As pulverizações com defensivos agrícolas foram realizadas com auxílio de pulverizador tratorizado, marca Jacto®, com tanque com capacidade de 600 L e volume de calda de 135 L ha^{-1}.

Para o controle de plantas daninhas em pós-emergência (estádio V3), procedeu-se à aplicação do herbicida clorimurom etílico (17,5 g i.a. ha^{-1}), associado ao fomesafen (150 mL i.a ha^{-1}), com adição de espalhante adesivo nonil fenoxi poli etanol (0,3% $v.v^{-1}$), para controle daquelas de folhas largas. Na segunda aplicação de herbicidas

no estádio V4, para controle das plantas daninhas de folhas estreitas, foi utilizado fenoxaprope-p-etílico + cletodim (60 + 60 mL i.a. ha^{-1}), com adjuvante óleo mineral (0,5% $v.v^{-1}$). Plantas daninhas remanescentes ou reinfestantes foram eliminadas manualmente, conforme a necessidade.

O manejo de pragas foi realizado conforme a necessidade de controle, de acordo com as pragas presentes, sendo mais comumente encontradas a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*), a lagarta falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) e o percevejo marrom (*Euschistus heros*). Foram empregados para o controle da lagarta-da-soja os inseticidas teflubenzuron (15 mL i.a. ha^{-1}) e methoxyfenozide (36 mL i.a. ha^{-1}), para o da lagarta falsa-medideira o metomil (172 mL i.a. ha^{-1}) e para o de percevejo marrom o tiametoxam + lambda-cialotrina (35,2 + 26,5 mL i.a. ha^{-1}).

Para o controle de doenças fúngicas (oídio, ferrugem e doenças de final de ciclo (DFC)) foram realizadas quatro aplicações de fungicidas, sendo a primeira com tebuconazole (125 mL i.a. ha^{-1}) e carbendazim (250 mL i.a. ha^{-1}) para controle de oídio antes da floração, a segunda com trifloxistrobina + ciproconazol (67,7 + 28,8 mL i.a. ha^{-1}) adicionado de adjuvante éster metílico de óleo de soja (0,45% $v.v^{-1}$) no início do florescimento, a terceira com picoxystrobina + ciproconazol (60 + 24 mL i.a. ha^{-1}) e carbendazim (250 mL i.a. ha^{-1}) com adjuvante óleo mineral (0,45% $v.v^{-1}$) entre os estádios R3 e R4 (50% dos genótipos com vagens até 2 cm de comprimento e até 25 % do volume de grãos) e a quarta aplicação com azoxistrobina + ciproconazol (60 + 24 mL i.a. ha^{-1}) e difenoconazol (50 mL i.a. ha^{-1}) com adjuvante óleo mineral (0,6% $v.v^{-1}$) entre os estádios R 5.2 e R 5.3 (50% dos genótipos com 50% do volume de grãos). Cabe destacar que as aplicações foram realizadas de modo preventivo e as doses dos defensivos utilizados em conformidade com recomendações da Fundação ABC ou do fabricante do produto.

3.7 Colheita do experimento

Foi efetuada a colheita manual nas áreas úteis das parcelas, no mês de abril de 2011, quando todas as plantas encontravam-se no estádio R8, na sua maturidade plena ou maturidade a campo, quando 95% das vagens tinham atingido a cor da vagem madura, com haste principal, ramificações secas e desfolhadas. Nesse momento foram

separadas, ao acaso, 10 plantas devidamente identificadas para avaliação dos componentes de produção. As demais plantas colhidas foram enfeixadas, etiquetadas e transportadas para a trilha mecanizada e, posteriormente, os grãos, após passarem por equipamento de pré-limpeza para remoção das impurezas, foram encaminhados ao laboratório para determinações.

3.8 Avaliações de campo

3.8.1 Fechamento foliar das plantas entre linhas de semeadura

Avaliado semanalmente, o fechamento foliar correspondeu ao período de tempo, expresso em dias, para ocorrência da máxima cobertura do solo pela folhagem das plantas de soja entre linhas de semeadura adjacentes. O tempo de fechamento foi associado à avaliação percentual da área coberta pela folhagem, considerando-se como 100% de fechamento quando não era mais possível visualizar o solo nas entre linhas de semeadura de cada subparcela.

3.8.2 Índice de área foliar

O índice de área foliar (relação de m² de área foliar por m² de superfície do solo) foi determinado no estádio fenológico R6 (vagens com granação de 100 % e folhas verdes), sem a destruição de plantas e em condições climáticas favoráveis (ocorrência de dia claro e sem nebulosidade). Em cada subparcela foram realizadas três leituras amostrais a 130 cm acima do solo e a 10 cm sobre o solo com auxilio do medidor de radiação solar, Ceptômetro AccuPAR Lp-80, modelo que incorpora 80 sensores sensíveis a radiação fotossinteticamente ativa (Figura 1). A leitura do aparelho determinou a estimativa do IAF, a partir das medições da radiação solar incidente e da transmitância da radiação através do dossel. Ponderou-se o valor médio dessas leituras com a respectiva população de plantas da área útil para obtenção da área foliar da subparcela.

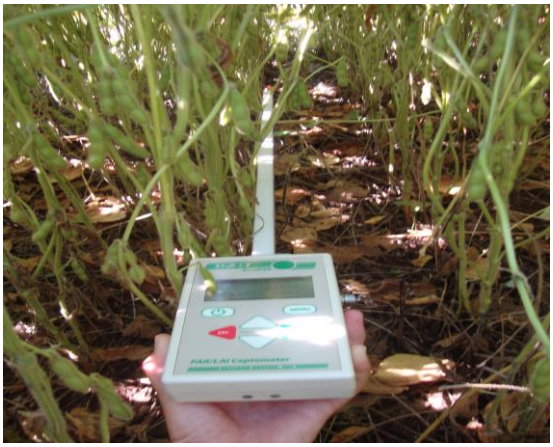


Figura 1. Ceptômetro AccuPAR Lp-80.

3.8.3 Características agronômicas e componentes de produção

Para as avaliações descritas a seguir foram utilizadas 10 plantas, tomadas ao acaso, da área útil de cada subparcela, quando a maturação fisiológica das sementes das mesmas foi atingida (estádio R8), de acordo com a escala de Fehr e Caviness (1977) disposta no anexo 2.

3.8.3.1 Altura média das plantas

Como altura média das plantas foram consideradas as distâncias entre a superfície do solo e a extremidade apical da haste principal, utilizando-se uma régua graduada em centímetros.

3.8.3.2 Altura média de inserção da primeira vagem

Simultaneamente à determinação da altura média das plantas foram também medidas as distâncias, em centímetros, entre a superfície do solo e a inserção da primeira vagem presente na planta.

3.8.3.3 Número médio de ramificações por planta

Após contagens do número de ramificações presentes na haste principal de cada planta, foi calculado o valor médio.

3.8.3.4 Número médio de vagens por planta

O número médio de vagens por planta foi calculado após contagens diretas dos frutos (legumes) em cada planta.

3.8.3.5 Número médio de grãos por planta

Foi determinado o número médio de grãos por planta mediante contagens diretas do número de grãos formadas em cada planta.

3.8.3.6 Número médio de grãos por vagem

O número médio de grãos por vagem foi calculado dividindo-se o valor médio do número de grãos obtido por planta pelo número de vagens encontradas por planta.

3.8.4 Massa de 100 grãos

Para avaliação da massa de 100 grãos foram separadas, conforme prescrições estabelecidas pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com modificações, oito sub-amostras de 100 sementes, cujas massas foram determinadas em balança de precisão e corrigidas considerando-se teor água de 13%. Os resultados médios foram expressos em gramas.

3.8.5 Produtividade de grãos

A produtividade de grãos foi calculada mediante avaliação da massa dos grãos oriundas da área útil das subparcelas, e corrigida considerando-se 13% de água e extrapolada para kg ha^{-1}. Foram consideradas, também, a produção das 10 plantas coletadas anteriormente para as avaliações dos componentes de produção.

3.9 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada aplicando-se o teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, os dados foram submetidos à verificação da homogeneidade de variância utilizando-se o método Box-Cox. Após estas verificações os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey 5% de probabilidade de erro. Ocorrendo interações, os devidos desdobramentos foram feitos. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa Statistical Analysis System, for Windows Version 9.3 (SAS, 2011). O esquema da análise de variância realizada e os quadrados médios resultantes são apresentados no Anexo 3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No anexo 3 são dispostos os resultados da análise de variância correspondente às avaliações realizadas no campo, às características agronômicas e aos componentes de produção de duas cultivares de soja, em função dos espaçamentos entre linhas de semeadura e das populações de plantas.

Foi detectada, com excessos, ausência de efeitos decorrentes das interações espaçamento entre linhas e cultivar, do espaçamento entre linhas e população de plantas, e da cultivar e população de plantas. Considerando a maioria das avaliações realizadas destacaram-se efeitos isolados dos fatores estudados.

4.1 Fechamento foliar das plantas entre linhas de semeadura

O fechamento foliar das plantas é uma maneira de expressar a capacidade da cultura em desenvolver seu aparato fotossintético e corresponde ao tempo para que 95% de intercepção da radiação incidente seja atingida. O número de dias para ocorrência de 100% do fechamento foliar entre linhas foi influenciado pela interação entre espaçamento e população de plantas e de modo independente pelo espaçamento, genótipo e população de plantas.

Tempo inferior para o fechamento foliar das plantas entre linhas de semeadura foi verificado na cultivar BMX PotênciaRR, por consequência, provavelmente, do maior índice de área foliar encontrado (Tabela 6).

Tabela 6. Tempo de fechamento foliar (dias) das plantas entre linhas de semeadura de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Cultivar	Tempo de fechamento foliar
BMX PotênciaRR	51 b
NA 5909RG	54 a
Médias	52
C.V. (%)	5,36

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

De acordo com os dados dispostos na Tabela 7, a elevação da população de plantas significou redução do tempo para fechamento foliar nos espaçamentos de 20 cm e 40 cm, mais pronunciadamente, no entanto, no primeiro. No espaçamento de 60 cm o referido tempo para fechamento foliar não variou significativamente entre as diferentes populações de plantas estudadas. Em todas as populações de plantas a elevação do espaçamento determinou elevação, também, do tempo para fechamento foliar das plantas.

Segundo Pires et al. (1998), o fechamento mais rápido da entre linha em espaçamentos reduzidos, associado ao sistema de plantio direto, favorece a manutenção da água no solo e reduz a variação da temperatura. Em contrapartida, em espaçamentos maiores as plantas de soja são sujeitas à maior interferência por plantas daninhas. De acordo com Gazziero e Souza (1993), a soja semeada em espaçamentos menores (20 a 40 cm entre linhas) exerce concorrência mais efetiva às plantas daninhas que aquela espaçada de 50 a 80 cm.

Tabela 7. Tempo de fechamento foliar (dias) das plantas entre linhas de semeadura em função de espaçamentos e populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares de soja. Arapoti/PR, 2011.

Espaçamento (cm)	População (plantas ha^{-1})				
	150.000	250.000	350.000	450.000	Médias
20	48 cA	41 cB	40 cBC	36 cC	41
40	56 bA	53 bAB	50 bBC	45 bC	51
60	64 aA	65 aA	65 aA	63 aA	64
Médias	56	53	52	48	52

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = 5,36%.

4.2 Índice de área foliar

O índice de área foliar revelou efeito, apenas, do fator cultivar. Não foi constatado efeito de arranjo bem como interação dos fatores testados na referida variável. A cultivar BMX PotênciaRR teve índice de área foliar superior, conforme ilustrado na Tabela 8.

A época em que foi feita a coleta de dados para a determinação do índice de área foliar (estádio R6) pode ter sido decisiva aos resultados. Não apresentou diferença significativa para a maioria dos fatores testados provavelmente por estar em pleno desenvolvimento vegetativo e assim impedindo a distinção dos tratamentos.

Tabela 8. Índice de área foliar (IAF - m^2 m^{-2}) de duas cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Cultivar	IAF
BMX PotênciaRR	4,6 a
NA 5909RG	4,3 b
Média	4,5
C.V. (%)	13,47

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação; IAF = Índice de área foliar.

4.3 Altura de plantas

A altura de plantas foi característica influenciada independentemente pela cultivar e pela população de plantas, mas não pelo espaçamento. Plantas da cultivar BMX PotênciaRR tiveram porte superior aos da cultivar NA 5909RG (Tabela 9).

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

Tabela 9. Altura de plantas de soja (cm) em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Cultivar	Altura de plantas
BMX PotênciaRR	118 a
NA 5909RG	101 b
Médias	110
C.V. (%)	2,99

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Conforme ilustrado na Tabela 10, a elevação da população de plantas significou elevação da altura de plantas (cm) em consonância às informações de Marchiori et al. (1999) e Martins et al. (1999) de que aumentos na densidade de plantas na linha causam aumentos na altura final das plantas, diminuição no diâmetro da haste principal e no número de ramificações por planta, independente da época de semeadura. Os resultados encontrados corroboram com os de Urben Filho e Souza (1993), Martins et al. (1999), Tourino et al. (2002) e Vazquez (2005). Segundo Zangoi, (2000), esse aumento ocorre pelo maior alongamento dos entrenós, devido ao efeito combinado da competição intra-específica por luz e estímulo da dominância apical das plantas.

De acordo com Sediyama et al.(1999) as plantas altas ou com caule muito fino tendem ao acamamento com maior facilidade. Isto é importante, pois geralmente, os maiores níveis de acamamento ocorrem nas cultivares cujas plantas têm maiores alturas. Nas condições experimentais não foi observado acamamento em nenhum dos tratamentos avaliados.

Tabela 10. Altura de plantas de soja (cm) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011.

População (plantas ha^{-1})	Altura de plantas
150.000	105 b
250.000	110 a
350.000	112 a
450.000	111 a
Médias	110
C.V. (%)	2,99

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

4.4 Altura de inserção da primeira vagem

Independente da cultivar e do espaçamento entre linhas de soja, a altura de inserção da primeira vagem foi influenciada apenas pela população de plantas. Tais dados apontam para o fato de que com o aumento da população de plantas existe uma tendência à elevação da altura de inserção da primeira vagem (Tabela 11).

A altura das plantas tem relação com a altura da inserção da primeira vagem; logo, parcelas com menor número de plantas por metro resultaram em plantas com altura menor e, consequentemente, também com menor altura da inserção da primeira vagem, como o relatado por Nagakawa et. al. (1985). Esse fator tem correlação com o aproveitamento de luz na camada inferior do dossel, ou seja, quanto mais luz atingir a camada inferior do dossel, mais baixo será o nó do primeiro legume e, por consequência, a altura de inserção do primeiro legume (ZABOT, 2009).

Em concordância com os dados obtidos, a elevação da população de plantas provocou, como esperado, aumento da altura de inserção da primeira vagem em trabalhos realizados por Mauad et al. (2010).

Tabela 11. Altura de inserção da primeira vagem (cm) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011.

População (plantas ha^{-1})	Altura inserção 1ª vagem
150.000	17 b
250.000	22 a
350.000	23 a
450.000	23 a
Médias	21
C.V. (%)	13,59

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Os dados seguem a tendência de altura de plantas, porém a discriminação entre cultivares para a variável altura de plantas ocorreu provavelmente pelas diferenças intrínsecas de cada genótipo.

A inserção da primeira vagem é uma característica importante, pois é referência à regulagem da altura da barra de corte da colhedora visando alcance da máxima eficiência durante esse processo. Segundo Sediayama et al. (1999), para não haver perda na colheita pela barra de corte, a altura mínima da primeira vagem deve ser de 10 a 12 cm, em solos de topografia plana e de 15 cm, em solos inclinados. Considera-se que a barra de corte da maioria das colhedoras situa-se, aproximadamente, 10 cm do solo.

4.5 Número de ramificações por planta

O número de ramificações por planta foi influenciado pelas interações entre espaçamento e cultivar, entre espaçamento e população de plantas e entre população de plantas e cultivar. Independente do espaçamento foi notado influencia genética para essa característica, pois as respostas das cultivares ao fotoperíodo e à

temperatura, e o tipo de crescimento são diferenciadas (TECNOLOGIAS...,2008). Na média, o número de ramificações foi maior no genótipo NA 5909RG (Tabela 12).

Tabela 12. Número de ramificações por planta em função de espaçamentos e cultivares de soja, dados médios de quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Espaçamento (cm)	Cultivar		Médias
	BMX PotênciaRR	NA 5009RG	
20	3,9 aA	5,1 aA	4,5
40	4,1 aB	5,4 aA	4,7
60	4,4 aA	4,6 aA	4,5
Médias	4,1	5,0	4,6

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = 15,91%.

Foi observada, considerando a interação espaçamento entre linhas e população de plantas, população de plantas e cultivar, redução do número de ramificações por planta conforme a população de plantas na linha aumenta, fato constatado em todos os espaçamentos entre linhas e cultivares de soja (Tabela 13 e 14). Este fato, segundo Martins et al. (1999), pode ser explicado pela competição que ocorre entre as plantas de soja pelos fatores de crescimento do ambiente, especialmente pela luz, ou seja, em maiores densidades de plantas, devido ao número excessivo de plantas na linha, ocorre menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo das plantas na forma de ramificações, sendo estes preferencialmente destinados ao crescimento em altura da haste principal. Estes resultados concordam com os de Cox e Cherney (2011) que observaram redução linear no número de ramos por planta com aumento nas populações independente dos espaçamentos entre linhas, reflexo da competição entre essas, e discordam, porém, com os de Board et al. (1990) ao constatarem que a diminuição do espaçamento entre linhas da soja, para uma mesma população de plantas, aumenta o número e o comprimento dos ramos.

Tabela 13. Número de ramificações por planta em função de espaçamentos e populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares. Arapoti/PR, 2011.

Espaçamento (cm)	População (plantas ha^{-1})				
	150.000	250.000	350.000	450.000	Médias
20	6,8 aA	4,8 aB	3,5 aBC	2,7 bC	4,5
40	6,5 aA	5,3 aA	3,9 aB	3,3 abB	4,7
60	6,2 aA	4,1 aB	4,3 aB	3,6 aB	4,5
Médias	6,5	4,7	3,9	3,2	4,6

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = 15,91%.

O número de ramificações por planta da soja e seu desenvolvimento está correlacionado com a competição intraespecífica por fatores do meio, como água, luz e nutrientes (THOMAS et al.,1998). Parvez et al. (1989) observaram que, para um mesmo espaçamento entre linhas, a diminuição da população de plantas de soja de 40 para 20 e 10 plantas m^{-2} provoca elevação do número e do comprimento total de ramos.

Comparando-se os resultados de altura de inserção da primeira vagem com os de número de ramificações é percebida relação inversa entre eles; os tratamentos referentes às menores populações de plantas propiciaram uma menor altura de inserção e, portanto, maior número de ramificações por planta.

Tabela 14. Número de ramificações por planta em função de populações de plantas e cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011.

População (plantas ha^{-1})	Cultivar		Médias
	BMX PotênciaRR	NA 5009RG	
150.000	5,6 aB	7,4 aA	6,5
250.000	4,1 bB	5,4 bA	4,7
350.000	3,7 bcA	4,0 cA	3,8
450.000	3,1 cA	3,2 cA	3,1
Médias	4,1	5,0	4,5

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = 15,91%.

4.6 Número de vagens por planta

O número de vagens por planta foi afetado significativamente por cultivares, por população de plantas e pela interação cultivar e população (Anexo 3). Foi verificado decréscimo do número de vagens por planta com o aumento da população de plantas, de ambas as cultivares. Em consonância ao também verificado por Peixoto et al. (2000), Tourino et al. (2002), Rambo et al. (2003 e 2004) e Vazquez (2008). Plantas da cultivar NA 5909RG tiveram número de vagens significativamente maior que as da cultivar BMX PotênciaRR apenas na população de 150.000 plantas (Tabela 15).

Tabela 15. Número de vagens por planta em função de populações de plantas e cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011.

População (plantas ha^{-1})	Cultivar		Médias
	BMX PotênciaRR	NA 5009RG	
150.000	73 aB	85 aA	79
250.000	51 bA	55 bA	53
350.000	38 cA	42 cA	40
450.000	34 cA	31 dA	33
Médias	49	53	51

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = 12,70%.

Tais resultados, segundo Board e Settimi (1986), podem ser justificados pelo fato de que nas maiores populações de plantas há uma maior competição por luz e uma menor disponibilidade de fotoassimilados, fazendo com que a planta diminua o número de ramificações e produza um número menor de nós. Nos nós se desenvolvem as gemas reprodutivas e, assim, a redução no número de ramificações também reduz o número de nós potenciais e, consequentemente, o número de vagens. Mauad et al.(2010) ressaltaram que em menores populações de plantas a maior produção de vagens é explicada pelo aumento no número de ramificações, o que determina um maior potencial de nós e, com isso, um maior número de vagens por planta.

Estudos avaliando a plasticidade da planta de soja quanto à sua adaptabilidade em diferentes arranjos populacionais demonstraram que o número de vagens é determinado durante os estádios vegetativos finais e reprodutivos iniciais. A interceptação de luz pela comunidade de plantas é fundamental para o desenvolvimento de gemas reprodutivas, armazenamento de fotoassimilados e diminuição do aborto de flores e vagens (BOARD; HARVILLE, 1994).

4.7 Número de grãos por planta

Apesar do quadro de análise de variância (Anexo 3) revelar efeito significativo, a 5% de probabilidade para cultivar, quanto a característica número de grãos por planta, esta diferença não foi detectada pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) (Tabela 16). Quanto ao efeito de população de plantas as diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), mostraram redução do número de grãos por planta com o aumento daquela (Tabela 17).

O número de grãos por planta está estreitamente relacionado com o número de vagens por planta e, portanto, tem variação semelhante, ou seja, ambos são reduzidos à medida que é elevada a população de plantas.

Tabela 16. Número de grãos por planta em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Cultivar	N° grãos planta^{-1}
BMX PotênciaRR	125 a
NA 5909RG	118 a
Médias	121
C.V. (%)	14,11

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Tabela 17. Número de grãos por planta em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011.

População (plantas ha^{-1})	N° grãos $planta^{-1}$
150.000	189 a
250.000	125 b
350.000	95 c
450.000	77 d
Médias	121
C.V. (%)	14,11

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

4.8 Número de grãos por vagem

Para a característica número de grãos por vagem foi constatada diferença significativa, segundo o teste F a 1% de probabilidade para o espaçamento e a 0,1% para cultivar (Anexo 3). O teste de médias (Tukey 5%) não detectou a diferença entre espaçamentos (Tabela 18). Quanto às cultivares, a BMX PotênciaRR diferiu significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade apresentando maior número de grãos por vagem que a NA 5909RG (Tabela 19).

Tabela 18. Número de grãos por vagem em função de espaçamentos entre linhas de soja, dados médios de duas cultivares e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Espaçamento (cm)	N° grãos vagem^{-1}
20	2,4 a
40	2,4 a
60	2,3 a
Médias	2,4
C.V. (%)	4,37

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Tabela 19. Número de grãos por vagem em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Cultivar	N° grãos vagem^{-1}
BMX PotênciaRR	2,5 a
NA 5909RG	2,2 b
Médias	2,4
C.V. (%)	4,37

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Como a cultivar NA 5909RG teve maiores massa de 100 grãos e número de vagens por planta e a BMX PotênciaRR maiores número de grãos por planta e número de grãos por vagem, é possível concluir que esta apresenta maior número de vagens de três ou mais grãos e a aquela apresenta maiores número de vagens e massa de grãos, de modo compensatório já que as produtividades foram semelhantes.

4.9 Massa de 100 grãos

A massa de 100 grãos foi influenciada independentemente pela cultivar, população de plantas e pela interação entre espaçamento e cultivar (Anexo 3). Conforme a Tabela 20, valores superiores de massa de 100 grãos foram proporcionados pela cultivar NA 5909RG.

Com relação à população de plantas foi verificado aumento da massa de 100 grãos à medida que aumentou a população de plantas, sendo que as duas populações mais baixas foram semelhantes e diferiram das duas populações mais altas (Tabela 21). Resultados semelhantes foram obtidos por Peixoto (1998), o qual menciona que para cada planta acrescentada na densidade, há uma redução média de 1,31 legumes por planta e um aumento de 0,067 g na massa de 100 grãos, indicando assim, que a redução do número de vagens acarreta compensação na massa de 100 grãos.

Tabela 20. Massa de 100 grãos de soja (g) em função de cultivares de soja, dados médios de três espaçamentos e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Cultivar	Massa de 100 grãos
BMX PotênciaRR	17,4 b
NA 5909RG	17,7 a
Médias	17,6
C.V. (%)	2,77

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Resultados contraditórios são encontrados quando se estuda população x massa de sementes. Moore (1991), Maeda et al. (1983) e Carneiro (1988) afirmam que o aumento na população de soja resulta em diminuição na massa das sementes, resultados inversos aos obtidos por Weber et al. (1966) e Tourino et al. (2002), que relatam o aumento da massa de sementes com o aumento da população.

Todavia, Val et al. (1971), Pires et al. (1998), Maehler et al.(2003), Batistella Filho (2003) relatam que o arranjo de plantas não influencia a massa das sementes.

Tabela 21. Massa de 100 grãos de soja (g) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011.

População (plantas ha^{-1})	Massa de 100 grãos
150.000	17,0 b
250.000	17,3 b
350.000	17,9 a
450.000	18,0 a
Médias	17,6
C.V. (%)	2,77

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Como pode ser observada na Tabela 22, a massa de 100 grãos não foi afetada pelo espaçamento. A massa de 100 grãos da cultivar NA 5909RG foi maior no espaçamento de 60 cm, diferindo da cultivar BMX PotênciaRR. Tanto o número de grãos por legume como o peso do grão tem controle genético substancial e por isso tem pequena variação (COOPERATIVE..., 1994). Contrariamente a esta afirmação e aos resultados obtidos por alguns autores como Pires et al.(1998), Thomas et al.(1998), Maehler (2000), o peso do grão (expresso pelo peso de 100 grãos) variou em função da interação do fator espaçamento entre linhas e população de plantas. Do mesmo modo, Moore (1991) observou que o peso e o tamanho dos grãos aumentaram quando o espaçamento entre plantas era equidistante, e que esse aumento ocorreu também com a diminuição da população.

Tabela 22. Massa de 100 grãos de soja (g) em função de espaçamentos e cultivares de soja, dados médios de quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Espaçamento (cm)	Cultivar		Médias
	BMX PotênciaRR	NA 5009RG	
20	17,5 aA	17,5 aA	17,5
40	17,4 aA	17,7 aA	17,5
60	17,2 aB	18,0 aA	17,6
Médias	17,4	17,7	17,5

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = 2,77%.

Durante a fase vegetativa e inicio do florescimento, as temperaturas médias e as precipitações pluviais foram adequadas ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas de soja (Tabela 2), o que justifica o alto peso de grão e rendimento médio obtido.

4.10 Produtividade de grãos

A produtividade média de grãos obtida no experimento foi de 4629 kg ha^{-1} sendo influenciada independentemente pelo espaçamento entre linhas e pela população de plantas, não sendo influenciada pela cultivar (Tabelas 23 e 24). O tratamento com espaçamento de 20 cm produziu 4986 kg ha^{-1} e foi 7,9 % e 16,5% superior às produções constatadas em espaçamentos de 40 cm e de 60 cm, respectivamente.

A interpretação dos dados indica melhoria de desempenho da soja em espaçamento reduzido, confirmando dados obtidos por Pires et al. (1998) e Parcianello et al. (2004). Estes autores atribuíram os maiores rendimentos de grãos verificados em fileiras distanciadas de 20 cm ao melhor arranjo de plantas, o que provavelmente reduziu a competição intraespecífica, principalmente por luz, proporcionando maior e mais rápida interceptação da radiação incidente, e melhor aproveitamento dos recursos ambientais.

Tabela 23. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função de espaçamentos entre linhas de soja, dados médios de duas cultivares e quatro populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

Espaçamento (cm)	Produtividade
20	4986 a
40	4621 b
60	4279 c
Médias	4629
C.V. (%)	6,80

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Em trabalhos realizados com espaçamento reduzido entre linhas Board e Harvile (1994), Board et al. (1992) e Hammond et al. (2000) também observaram incremento na interceptação de luz e melhor utilização pela soja da radiação solar incidente, principalmente devido a maior distribuição da área foliar existente no espaçamento reduzido quando comparado ao maior espaçamento, resultando em maior rendimento de grãos.

No que se refere à população de plantas, foi constatada elevação da produtividade com o aumento da população de plantas, o que pode estar relacionado à maior interceptação de radiação obtida nas maiores populações. O tratamento com 150.000 plantas apresentou numericamente o menor rendimento, sendo estatisticamente diferente dos demais tratamentos (Tabela 24).

Tabela 24. Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) em função de populações de plantas de soja, dados médios de duas cultivares e três espaçamentos. Arapoti/PR, 2011.

População (plantas ha^{-1})	Produtividade
150.000	4437 b
250.000	4657 ab
350.000	4689 a
450.000	4732 a
Médias	4629
C.V. (%)	6,80

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); C.V. = coeficiente de variação.

Marques (1981), testando três populações de plantas (25, 35 e 45 plantas m^{-2}), três espaçamentos entre linhas e quatro níveis de irrigação, obteve efeito significativo do fator população sobre o rendimento de grãos por área e número de legumes por planta. Resultado semelhante foi relatado por Herbert e Litchfield (1982) que, estudando a variação na população de plantas e espaçamento entre linhas, obtiveram aumento de 27% no rendimento com o aumento da população de plantas de 21 para 68 plantas m^{-2}. Entretanto, tal efeito não foi verificado por Ethredge et al. (1989) que obtiveram redução do rendimento de grãos do caule e dos ramos das plantas de soja com o aumento da população de plantas.

5. CONCLUSÃO

Alterações no arranjo espacial de plantas de soja de tipo de crescimento indeterminado podem influenciar positivamente na produtividade de grãos e seus componentes.

Independente da população de plantas e da cultivar de soja, o espaçamento de 20 cm resulta em maior produtividade de grãos.

A elevação da população de plantas de soja na linha de semeadura ocasiona reduções do número de vagens por planta, de grãos por planta e do número de ramificações. Em contrapartida, eleva a massa de 100 grãos, a altura média das plantas e a altura média de inserção da primeira vagem.

O menor espaçamento entre linhas em conjunto com a maior população de plantas de soja implica em menor tempo de fechamento foliar das plantas entre linhas de semeadura.

O número de grãos por vagem de soja é mais fortemente determinado por mecanismos genéticos, e em alguma extensão, por fatores ambientais, que pelo espaçamento entre linha e a população de plantas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASHLEY, D. A.; ETHRIDGE, W. J. Irrigation effects on vegetative and reproductive development of three soybean cultivars. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.3, p.467-471, 1978.

BATISTELLA FILHO, F. **Influência do espaçamento entrelinhas e da população de plantas sobre a qualidade fisiológica de semente de soja**. Jaboticabal, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista.

BERGAMASCHI, H.; BARNI, N. A. Densidade de plantas e espaçamento entre linhas de soja: recomendações para o Rio Grande do Sul. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, n. 21, p. 57-62, out. 1978.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Soybean yield component responses to a light interception gradient during the reproductive period. **Crop Science**, Madison, v.33, p.772-777, 1993.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.: A criterion for acceptance of narrow-row culture in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.6, p.1103- 1106, November-December, 1994.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G.; SAXTON, A. M. Narrow-row seed-yield enhancement indeterminate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 1, p.64 68, Jan./Feb. 1990.

BOARD, J. E.; KAMAL, M.; HARVILLE, B. G. Temporal importance of greater light interception to increased yield in narrow-row soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.4, p.575-579, 1992.

BOARD, N.; MARICHERLA, D. Explanations for decreased harvest index with increased yield in soybean. **Crop Science**, Madison, v.48, p.1995-2002, September-October, 2008.

BOARD, J. E.; TAN, Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop Science**, Madison, v.35, n.3, p.846-851, 1995.

BORD, J. E.; SETTIMI, J. R. Photoperiodo effect before and after flowering on branch development in determinate soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.78, p.995-1002, 1986.

BRASMAX. **Produtos 2013 Região Sul**. Disponível em: http://www.brasmaxgenetica.com.br/producto_region.php?id=13. Acesso em: 20 de Ago. de 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNAD/DNDV/CLAV, 2009. 398 p.

CÂMARA, G. M. S. **Desempenho produtivo dos cultivares de soja IAC-17, IAC-12 e IAC- 19, semeados em três épocas de semeadura e em cinco densidades de plantas. Piracicaba**. 1998. 165 p. Tese (Livre- Docência)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CARNEIRO, G. E. de S. **Efeito da densidade de plantas e da adubação na qualidade de sementes e outras características agronômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merril], cv UFV-1. Viçosa**. 1988. 119 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Viçosa.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Instituto Agronômico do Paraná. 2000.

COOPERATIVE EXTENSION SERVICE AMES. **How a soybean plant develops.** Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1994. 20 p.

COSTA, J. A. et al. Influência de práticas de manejo sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA SOJA, 1, Londrina, 17/20 maio. 1999. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, p. 385. 1999.

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

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

DEBORTOLI, M. P.; et al. Efeito do arranjo de plantas sobre o progresso de ferrugem asiática na soja. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia,** Salvador, v. 31, n. 1, p. 129, 2006.

DENARDI, T. et al. Resposta da cultivar de soja ICA 3 sob cinco densidades de semeadura. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25, 2003, Londrina. **Resumos**... Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 2003, p.241. (EMBRAPACNPSo. Documentos, 209).

DUTRA, L. M. C.; et al. População de plantas em soja. In. REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 35, 2007, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007, p. 95.

EGLI, D. B.; CORNELIUS, P. L. A regional analysis of the response of soybean yield to planting date. **Agronomy Journal**, Madison, v.101, n.2, p.330-335, March-April, 2009.

EGLI, D. B.; GUFFY, R. D.; LEGGETT, J. E. Partitioning of assimilate between vegetative and reproductive growth in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.77, p. 917-922, November-December, 1985.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF, 1999. 412 p.

ENDRES, V. C. Espaçamento, densidade e época de semeadura. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). **Soja: recomendações técnicas para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados, 1996. p. 82-85. (Circular Técnica, 3).

ETHREDGE, W. J.; ASHLEY, D. A.; WOODRUFF, J. M. Row spacing and plant population effects on yield components of soybean. **Agronomy Journal,** Madison, v.81, n. 6, p. 947-951, Nov./Dec. 1989.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FONTOURA, T. B.; COSTA, J. A.; DAROS, E. Efeitos de níveis e épocas de desfolhamento sobre o rendimento e os componentes do rendimento de grãos da soja. **Scientia Agraria,** Lavras, v. 7, n. 1-2, p. 49-54, jan./abr. 2006.

GAZZIERO, D. L. P.; SOUZA, I. F. Manejo integrado de plantas daninhas. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. **Cultura da soja nos Cerrados**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 183 – 208.

GILIOLI, J. L. **Agricultura tropical: desafios, perspectivas e soluções**. Brasília: ABCBSB, 2000, 128 p.

GILIOLI, J. L. et al. 1995. **Soja**: Série 100. FT Sementes, Cristalina: 18 p. (Boletim Técnico 3).

HAMMOND, R. B., HIGLEY, L. G., PEDIGO, P. L., BLEDSOE, L., SPOMER, S. M., DEGOOYER, T. A. Simulated insect defoliation on soybean: influence of row width. **Journal of Economic Entomology**, Ohio, v.93, n.5, p.1429-1436, 2000.

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

HEIFFIG, S. L.; CÂMARA, S. M. G.; MARQUES, A. L.; PEDROSO, B. D.; STÉFANO PIEDADE, M. S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba (SP). **Bragantina** vol.65, n°.2, Campinas 2006.

HERBERT, S. J.; LITCHFIELD, G. V. Partitioning soybean seed yield components. **Crop Science,** Madison, v. 22, n. 5, p. 1074-1079, Sept./Oct. 1982.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=597. Acesso em: 17 mai. 2012.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.221-225, March April, 1993.

KIIHL, R. A. S.; GARCIA, A. The use of the long-juvenile trait in breeding soybean cultivars. In: World Soybean Research Conference, 4, 1989, Buenos Aires. **Proceedings**. Buenos Aires: AASOJA, 1989. v.2, p.994-1000.

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

LAÜER, J. Should l be planting corn at a 30-inch row spacing. **Wisconsin Crop Manager**, Madison, v. l, n. 6, p. 6-8, 1994.

LUNIN, J.; GALLATIN, M. H. Narrow-row soybeans produce top yields. **Crop and Soils**, Madison, v.12, p.10, 1960.

MAEDA, J. A.; MASCARENHAS, H. A. A.; ALMEIDA, L. D.; NAGAI, V. Influência de cultivares, espaçamentos e localidade na qualidade da semente de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.5, p.515-518, mai. 1983.

MAEHLER, A. R. **Crescimento e rendimento de duas cultivares de soja em resposta ao arranjo de plantas e regime hídrico**. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

MAEHLER, A. R.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.213-218, mar-abr, 2003.

MARCHEZAN, E.; COSTA, J. A. Produção e fixação de flores e legumes, em três Genótipos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.129-136, fevereiro, 1983.

MARCHIORI, L. F. S.; CAMARA, G. M. de. SOUSA, PEIXOTO, C. P.; MATINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja em [*Glycine max* (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agrícola**, Piracicaba v.52, n.2, p.383-390, 1999.

MARQUES, J. B. B.; LIN, S. S. Efeito de espaçamento entre fileiras, população de plantas e irrigação sobre o rendimento de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.5, p.733-739, 1982.

MARQUES, J. B. B. **Efeito do espaçamento entre fileiras, população de plantas e irrigação sobre o rendimento da planta, rendimento e qualidade da semente da soja (*Glycine max* (L.) Merril)**. 93f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1981.

MARTINS, M. C.; CÂMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MARCHIORI, L. FS.; LEONARDO, V.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 56, n. 4, p. 851-858,1999.

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

McBLAIN, B. A.; HUME, D. J. Reproductive abortion, yield components and nitrogen content in three erly soubean cultivars. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.61, n.3, p.499-505, 1981.

MELGES, E.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. Crescimento e conversão da energia solar em soja cultivada sob quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.9, p.1065-1072, 1989.

MELHORANÇA, A. L.; MESQUITA, A. N. Efeito do espaçamento e épocas de semeadura sobre o rendimento e características agronômicas da soja em Dourados, MS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.5, p.729-732, 1982.

MOORE, S. H. Uniformity of planting effect on soybean population parameters. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 4, p. 1049-1051, 1991.

MUNDSTOCK, C. M.; THOMAS, A. L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. Porto Alegre: Evangraf/ UFRGS, 2005. 31p.

NAKAGAWA, J.; MACHADO, J.R.; ROSOLEM, C.A. Efeito da qualidade da semente sobre o estabelecimento da população e outras características da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.7, n.2, p. 47-62, 1985.

NAVARRO JUNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Contribuição relativa dos componentes do rendimento para produção de grãos em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.269-274, março, 2002.

NIDERA SEMENTES, 2013. Disponível em: <http://www.niderasementes.com.br/upload/documentos/produtos/guia_licen_sul_33114165430163.pdf >. Acesso em: 20 de ago. 2013.

NORSWORTHY, J. K.; SHIPE, E. R. Effect of row spacing and soybean genotype on mainstem and branch yield. **Agronomy Journal,** Madison, v. 97, n. 3, p. 919–923, May/June. 2005.

PANDEY, J. P.; TORRIE, J. H. Path coefficient analisis of seed yield components in soybean. **Crop Science**, Madison, v.13, n.5, p.505-507, 1973.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras. **Ciência Rural**, v.34, n. 2, p.357-364, 2004.

PARVEZ, A. Q.; GARDNER, F. P.; BOOTE, K. J. Determinate and inderterminate type soybean cultivar response to patterns, density and planting date. **Crop Science**, Madison, v.29, n.1, p.150-157, 1989.

PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantio**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

PELUZIO, J. M. et al. Comportamento de duas cultivares de soja em diferentes populações de plantas, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado do Tocantins. **Revista Agricultura Tropical.** Cuiabá, 2002, v.6, n.1, p.69-80.

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

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito da redução no espaçamento entre linhas da soja sobre o rendimento de grãos e seus componentes em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1, Londrina, 17/20 maio.1999. **Anais.** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.383.

PROULX, R. A.; NAEVE, S. L. Pod removal, shade, and defoliation effects, on soybean yield, protein, and oil. **Agronomy Journal**, Madison, v.101, n.4, p.971-978, 2009.

QUEIROZ, E. F. **Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agronômicas de quatro cultivares de soja *Glycine Max* (L.) Merrill**. 1975, 108 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – área de concentração Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RAMBO, L. **Crescimento e rendimento da soja por estrato do dossel em resposta à competição intraespecífica**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

RAMBO, L. Rendimento de grãos da soja em função do arranjo de plantas. **Ciência Rural, Santa Maria,** vol.33, n.3, p.405-411, jun. 2003.

RAMBO, L. et al. Rendimento dos grãos de soja e seus componentes por estrato do dossel em função do arranjo de plantas e regime hídrico. **Scientia Agraria**, v. 3, n.1-2, p. 79-85, 2002.

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

REUNIÃO DE PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL. **Indicações técnicas para cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012. 142 p.

ROSOLEM, C. A.; SILVÉRIO, J. C. O.; NAKAGAWA, J. Densidade de plantas na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 18, n. 9, p. 977-984, set. 1983.

RUBIN, S. A. L. Comportamento da cultivar "FEPAGRO-RS 10" em seis densidades de semeadura no planalto médio riograndense. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25., 1997, Passo Fundo. **Anais…** Passo Fundo: EMBRAPA, 1997. p. 187.

SALINAS, A. R. et al. Respuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 331-338, 1996.

SANCHEZ, A. L.; VELOSO, E. J. Efeito do espaçamento e da densidade de plantio, sobre várias características agronômicas na cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill), variedade "Viçoja" em Jaboticabal, SP. **Científica**, v.2, n.2, p.137-148, 1974.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, 2000.

SAS INSTITUTE (Cary, Estados Unidos). **SAS/STAT user software**: changes and 13 enhancements through release. Version 9.3. Cary, 2011.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Soja – Análise da Conjuntura Agropecuária. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/**deral**/.../**soja**_2012_13. pdf> Acesso em 10 jan.2013.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. de C.; REIS, M. S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p.487-533.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – **Região Central do Brasil – 2009 e 2010**. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrado: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Estresse hídrico em soja: impacto no rendimento de grãos. In: THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. (org.) **Soja: manejo para altas produtividades de grãos**. 1ª Ed. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.141-175.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F. Estabelecimento da lavoura de soja. In: THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. (org.) **Soja: manejo para altas produtividades de grãos**. 1ª Ed. Porto Alegre: Evangraf, 2010. p.127-140.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.543-546, 1998.

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

TSUKAHARA, R. Y. Agrometeorologia – **Análise climática da safra 2010/11**. Relatório de resultados de pesquisa da safra verão 2010/11. Fundação ABC, Castro, 2011. Disponível em: <http://login.fundacaoabc.org.br/inicio>Acesso em: 17 de jan. 2012.

UDOGUCHI, A.; McCLOUND, D. E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil an Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.46, p.75-74, 1987.

URBEN FILHO, G.; SOUZA, P. I. M. Manejo da cultura da soja sob cerrado: época, densidade e profundidade de semeadura. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Eds.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFOS, 1993, p.267-298.

USDA – UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **FAS Databases**. Disponível em: < http://www.fas.usda.gov/data.asp >. Acesso em: 07 nov. 2012.

VAL, W. M. C.; BRANDÃO, S. S.; GALVÃO, J. D.; GOMES, F. R. Efeito do espaçamento entre fileiras e da densidade na fileira sobre a produção de grãos e outras características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Experimentiae**, v.12, n.12, p.431-475, dez, 1971.

VAZQUEZ, G. H. **Efeitos de reduções na população de plantas sobre a produtividade, a qualidade fisiológica da semente e o retorno econômico na produção de grãos de soja.** Jaboticabal: FCAV, 2005 146f. (Tese – doutorado).

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

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

WALKER, E. R.; MENGISTU, A.; BELLALOUI, N.; KOGER, C. H.; ROBERTS, R. K.; LARSON, A. Plant population and row-spacing effects on maturity group III soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.103, n.3, p.821-826, 2010.

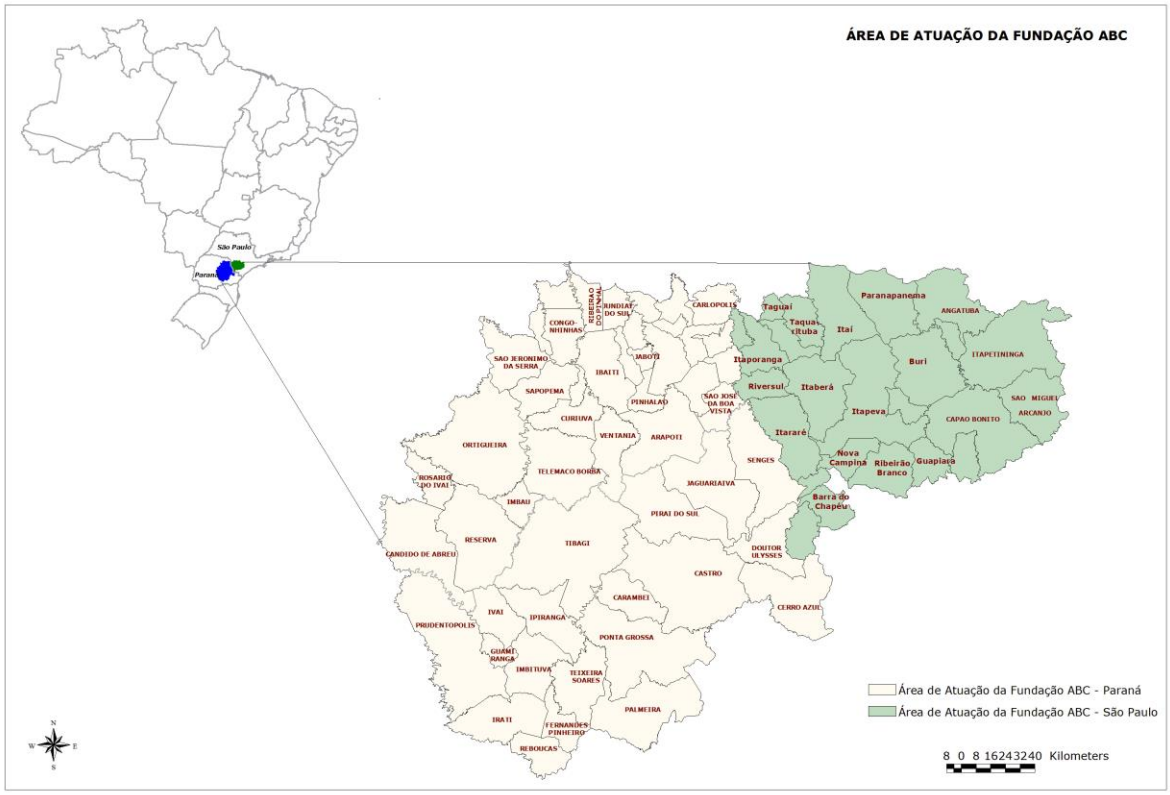
WEBER, C. R.; SHIBLES, R. M.; BYTH, D. E. Effect of plant population and row spacing on soybean developmente and production. **Agron J**., Madison, v.58, p.99-102, 1966.

WRIGHT, D. L.; SHOKES, F. M.; SPRENKEL, R. K. Planting method and plant population influence on soybeans. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 4, p. 921-924, 1984.

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

7. ANEXOS

Anexo 1. Mapa da área de atuação da Fundação ABC.



Fonte: Laboratório de Informações Geográficas e Ambientais (L.I.G.A). Fundação ABC.

Anexo 2. Estádios fenológicos de desenvolvimento de plantas de soja, segundo a escala de Fehr e Cavinness (1977).

Estádio	Denominação (vegetativos)	Descrição
VE	Emergência	Cotilédones acima da superfície do solo.
VC	Cotilédone	Cotilédones completamente abertos.
V1	Primeiro nó	Folhas unifolioladas completamente desenvolvidas.
V2	Segundo nó	Primeira folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V3	Terceiro nó	Segunda folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V4	Quarto nó	Terceira folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V5	Quinto nó	Quarta folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V6	Sexto nó	Quinta folha trifoliolada completamente desenvolvida.
V…	…	…
Vn	Enésimo nó	Ante-enésima folha trifoliolada completamente desenvolvida.

Estádio	Denominação (reprodutivos)	Descrição
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó do caule (haste principal).
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta num dos dois últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida.
R3	Início da formação da vagem	Vagem com 5 mm de comprimento num dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida.
R4	Vagem completamente desenvolvida	Vagem com 2 cm de comprimento num dos quatro últimos nós do caule com folha completamente desenvolvida.
R5	Início do enchimento do grão	Grão com 3 mm de comprimento em vagem num dos quatro últimos nós do caule, com folha completamente desenvolvida.
R6	Grão cheio ou completo	Vagem contendo grãos verdes preenchendo as cavidades da vagem de um dos quatro últimos nós do caule, com folhas completamente desenvolvida.
R7	Início da maturação	Uma vagem normal no caule com coloração de madura.
R8	Maturação plena	95% das vagens com coloração de madura.

OBS: Caule significa o caule da planta; Últimos nós se referem aos últimos nós superiores; Uma folha é considerada completamente desenvolvida quando os bordos dos trifólios da folha seguinte (acima) não mais se tocam.

Anexo 3. Resumo da análise de variância (QM) dos dados de Fechamento foliar das plantas entre linhas (FF), Índice de área foliar (IAF), Altura de plantas (AP), Altura de inserção da primeira vagem (AV), Número de ramificações por planta (R/P), Número de vagens por planta (V/P), Número de grãos por planta (G/P), Número de grãos por vagem (G/V), Massa de 100 grãos (M100) e Produtividade de grãos (P) de duas cultivares de soja, considerando os espaçamentos entre linhas e as populações de plantas. Arapoti/PR, 2011.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS (QM)									
		FF	IAF	AP	AV	R/P	V/P	G/P	G/V	M100	P
Bloco	3	11,861	11,775***	11,472	46,122**	2,587**	60,423	480,893	0,037*	1,594***	388833,966 *
Espaçamento	2	4241,697***	0,496	24,939	6,679	0,585	27,991	538,198	0,062**	0,120	4007694,611***
Resíduo A	6	7,475	2,376***	22,480	14,885	0,513	32,080	321,770	0,026*	0,712*	103327,081
Genótipo	1	216,000***	1,458*	6378,190***	14,338	19,170***	470,378**	1111,801*	2,660***	3,051***	275372,750
População	3	251,694***	0,114	193,749***	186,469***	49,178***	10009,374***	57621,223***	0,011	5,754***	416649,239**
Esp. x Gen.	2	9,093	0,059	0,036	24,441	2,641**	27,714	174,151	0,029	1,404**	152062,317
Esp. x Pop.	6	53,934**	0,699	22,172	8,409	1,969**	51,950	450,78	0,006	0,238	102617,240
Gen. x Pop.	3	4,916	0,375	3,134	20,752	3,785***	229,548**	383,993	0,015	0,378	40278,741
Esp. x Gen. x Pop.	6	5,052	0,496	7,805	6,469	0,482	37,185	315,265	0,011	0,151	123581,701
Resíduo B	63	7,834	0,361	10,775	8,381	0,531	42,352	293,011	0,011	0,237	98970,620
Total	95										
C.V. (%)		5,36	13,47	2,99	13,59	15,91	12,7	14,11	4,37	2,77	6,79

***, ** e * são: significativo a 0,1%, 1% e a 5%, respectivamente. C.V. = coeficiente de variação.