

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E
PRODUTIVIDADE DE SOJA EM DIFERENTES
ÉPOCAS E DENSIDADES DE SEMEADURA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RENAN CALDAS UMBURANAS

GUARAPUAVA-PR

2014

RENAN CALDAS UMBURANAS
Engenheiro Agrônomo

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA EM
DIFERENTES ÉPOCAS E DENSIDADES DE SEMEADURA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de mestre.

Prof. Dr. Jackson Kawakami
Orientador

Dr. Roberto Kazuhiko Zito
Co-Orientador

GUARAPUAVA-PR
2014

Ficha elaborada pela Biblioteca da Unicentro-Guarapuava, Campus Santa Cruz

U49c Umburanas, Renan Caldas
Crescimento, desenvolvimento e produtividade de soja em diferentes épocas e densidades de semeadura / Renan Caldas Umburanas.– Guarapuava: Unicentro, 2014. xi, 77 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal.
Orientador: Prof. Dr. Jackson Kawakami;
Co-orientador: Dr. Roberto Kazuhiko Zito
Banca examinadora: Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller, Dr. Juliano Luiz de Almeida, Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa.

Bibliografia

1. Soja. 2. Produtividade. 3. Semeadura. 4. Cultivo. 5. Glycine Max. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 20. ed. 633.34

Renan Caldas Umburanas

**CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DE SOJA EM DIFERENTES
ÉPOCAS E DENSIDADES DE SEMEADURA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 29 de agosto de 2014.



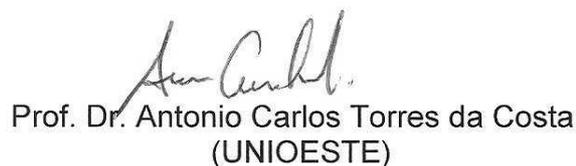
Prof. Dr. Jackson Kawakami
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Marcelo Marques Lopes Müller
(UNICENTRO)



Dr. Juliano Luiz de Almeida
(FAPA)



Prof. Dr. Antonio Carlos Torres da Costa
(UNIOESTE)

GUARAPUAVA-PR

2014

DEDICO

As minhas avós Ana Rosa Baggio Caldas (*in memorian*) e Therezinha Queiroz Umburanas (*in memorian*) que tinham muito amor pelas plantas e me inspiraram a ser Eng. Agrônomo.

Aos meus pais, José e Maria Francisca e a minha irmã Rubia pelo apoio e suporte em todos os momentos e por terem importância fundamental em minha vida.

*“Fácil é sonhar todas as noites,
Difícil é lutar por um sonho”*

Carlos Drummond de Andrade

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jackson Kawakami pela brilhante orientação e por ser um exemplo como pessoa e como profissional. Registro meu reconhecimento pela sua contribuição em minha formação durante a graduação e mestrado;

Ao Dr. Roberto Kazuhiko Zito pela co-orientação e pelas relevantes considerações acerca do trabalho;

Aos meus pais, minha irmã e meus familiares pela união;

A Lucília da Rosa de Lima, secretária do mestrado, por sempre ser prestativa e cordial e pelos bons serviços prestados;

Aos funcionários do setor de máquinas da Unicentro: Elias Casanova e Angelo Zerbielli que me ajudaram na sementeira e que repassaram conhecimentos com relação as máquinas e utensílios agrícolas;

Aos estagiários: Anderson Hideo Yokoyama, Andressa Bridi, Cleto Tamanini Junior, Dioni Stroparo, Elis Marina Müller Silva, Ferdinand Stoetzer, Ismael Guerra, João Paulo Anastácio, Leonardo Balena, Leonardo Zobot Anderle, Luiz Henrique Gubert, Malcolm Rogerio Nervis Ferri, Marielle Machado, Mateus Wilhelm e Rubens Felipe dos Santos;

À minha namorada Diana Fortkamp pelo companheirismo, colaboração, apoio, auxílio nas análises, nos estudos e na realização deste trabalho;

A todos os colegas de mestrado, em que compartilhei momentos de estudo, trabalho e de amizade;

À BRASMAX[®] pelo fornecimento das sementes utilizadas;

À DERAGRO por conceder um EPI para o experimento;

Ao SIMEPAR e ao Sérgio Denega por fornecerem dados climáticos;

Aos professores do PPG – Produção Vegetal pelos conhecimentos repassados;

À UNICENTRO pela a oportunidade de aprender e me aperfeiçoar;

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

A Deus, pela vida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 Panorama.....	4
3.2 A planta de soja e sua escala fenológica.....	4
3.3 Cultivar	6
3.4 Ecofisiologia.....	6
3.4.1 Fotoperíodo e florescimento.....	6
3.4.2 Temperatura.....	7
3.4.3 Disponibilidade hídrica	7
3.4.4 Radiação solar.....	8
3.5 Densidade de semeadura.....	9
3.6 Época de semeadura	9
3.7 Referências bibliográficas	12
4. CAPÍTULO I – CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E DENSIDADES	17
RESUMO	17
ABSTRACT	18
4.1 Introdução	19
4.2 Materiais e métodos.....	20
4.2.1 <i>Local do experimento</i>	20
4.2.2 Material experimental	20
4.2.3 Manejo fitotécnico	21
4.2.4 Delineamento experimental e tratamentos.....	22
4.2.5 Avaliações	22
4.2.6 Análises estatísticas	24

4.3 Resultados e discussão	24
4.4 Conclusões	39
4.5 Referências bibliográficas	40
5. CAPÍTULO II – PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E DENSIDADES	43
RESUMO	43
ABSTRACT	44
5.1 Introdução	45
5.2 Materiais e métodos	46
5.3 Resultados e discussão	47
5.4 Conclusões	60
5.5 Referências bibliográficas	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Duração de estádios de desenvolvimento das plantas (dias), dados climáticos durante o ciclo de desenvolvimento e o fotoperíodo no estádio R1 em que estiveram submetidas as plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.....	25
Tabela 2. Estatura nos estádios V6, V9, R3 e R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava-PR.....	27
Tabela 3. Índice de área foliar (IAF) nos estádios V6, V9, R3 e R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR. ..	30
Tabela 4. Área foliar específica (AF _e) nos estádios R3 e R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.	31
Tabela 5. Absorção de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) no estádio R3 para a safra 2012/13 e nos estádios V6, R3 e R5 para a safra 2013/14 de plantas de soja cultivadas em três épocas e em quatro densidades em Guarapuava, PR.	34
Tabela 6. Número de flores e porcentagem de fixação de flores no estádio R3 de plantas de soja cultivadas em três épocas e quatro densidades na safra 2013/14, em Guarapuava, PR.	36
Tabela 7. Taxa de mortalidade de plantas (%), vagens por planta, número de vagens por área (m ²) e número de grãos por vagem de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.	50
Tabela 8. Número de grãos por área (grãos m ⁻²), massa de cem grãos (MCG) e produtividade (Mg ha ⁻¹) na colheita de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava-PR.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação do procedimento de desbaste no local do experimento.	23
Figura 2. Representação do procedimento de avaliação da radiação fotossinteticamente ativa.	23
Figura 3. Relação entre produtividade relativa e estatura de plantas no estágio R5 (a), entre estatura de plantas e IAF do estágio R5 (b) e entre produtividade relativa e IAF do estágio R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.	38
Figura 4. Relação entre IAF e AFe no estágio R5 para as safras 2012/13 (a) e 2013/14 (b) de plantas de soja cultivadas em três épocas e em quatro densidades em Guarapuava, PR. ^{1)***} : $p < 0,001$	33
Figura 5. Comparação entre os dados climáticos das safras 2012/13 e 2013/14 e da média compreendendo o período de 1998 – 2011 em Guarapuava, PR: a) precipitação, b) radiação solar e c) temperatura.	48
Figura 6. Relação entre grãos por área e vagens por área de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.	55
Figura 7. Relação entre produtividade relativa e massa de cem grãos nas safras 2012/13 (a) e 2013/14 (b) e entre produtividade relativa e grãos por área na safra 2012/13 (c) e 2013/14 (d) de plantas de soja cultivadas em três épocas e quatro densidades em Guarapuava, PR.....	57

RESUMO

UMBURANAS, Renan Caldas. **Crescimento, desenvolvimento e produtividade de soja em diferentes épocas e densidades de semeadura**. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. 66p. (Dissertação – Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal).

O estudo avaliou o crescimento, desenvolvimento e a produtividade de plantas de soja cultivar BMX Energia[®] semeadas em três épocas (meados de outubro, novembro e dezembro), quatro densidades (150; 250; 350 e 450 mil plantas ha⁻¹) e duas safras (2012/13 e 2013/14), no Centro-Sul do Estado do Paraná. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições em um arranjo de parcelas subdivididas, sendo as épocas de semeadura dispostas nas parcelas principais e as densidades de semeadura nas subparcelas. Durante o ciclo da cultura, foram coletadas plantas nos estádios V6, V9, R3 e R5 e foi analisado o crescimento de plantas e a interceptação luminosa. Na colheita (estádio R8) foram avaliados os componentes produtivos e a produtividade da cultura. As plantas oriundas da semeadura de dezembro apresentaram menor estatura de planta, índice de área foliar (IAF), absorção de radiação fotossinteticamente ativa e ciclo de desenvolvimento em relação às épocas de semeadura antecessoras, além de menor produção de flores, principalmente nas menores densidades. A estatura de plantas e o IAF aumentaram linearmente com o aumento da densidade de semeadura. A estatura de plantas e o IAF apresentaram alta correlação com a produtividade relativa. Plantas semeadas em dezembro (tardia) apresentaram menor produtividade nas duas safras, sendo que na safra 2012/13 o componente massa de cem grãos teve maior relação com a produtividade, enquanto que na safra 2013/14 o componente grãos por área teve maior relação. O aumento da densidade de semeadura aumentou a produtividade de modo linear nas duas safras, afetando o número de grãos por área e vagens por planta. Houve interação na produtividade entre épocas e densidades de semeadura na safra 2012/13, sendo que as plantas oriundas da semeadura de outubro não diferiram entre as densidades, nas plantas oriundas da semeadura de novembro na densidade de 350 mil plantas ha⁻¹ foram mais produtivas que as semeadas na densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ e nas plantas oriundas da semeadura em dezembro o aumento da densidade de semeadura aumentou a produtividade. Maiores densidades na semeadura de dezembro (tardia) podem proporcionar maior rendimento ao produtor quando a cotação do mercado for favorável.

Palavras-Chave: data de semeadura, *Glycine max*, população de plantas, taxas de semeadura.

ABSTRACT

UMBURANAS, Renan Caldas. **Growth and yield of soybean sowed at different dates and seeding rates**. Guarapuava: UNICENTRO, 2014. 66p. (Dissertation – Master of Science in Agronomy, Concentration area of Plant Production).

This study evaluated the growth and yield of soybean plants cultivar BMX Energia[®] sown at three sowing times (the middle of October, November and December), four seeding rates (150, 250, 350 and 450 thousand plants ha⁻¹), and two seasons (2012/13 and 2013/14), in the center-south of Parana State. The experimental design was a randomized complete block design with three replications in a split-plot arrangement, with sowing dates arranged as main plots and seeding rates as subplots. During crop growth, plants were sampled at growth stages V6, V9, R3 and R5, and plant growth and light interception were analyzed. At harvest (stage R8) yield components and crop yield were evaluated. The plants sowed in of December had lower plant height, leaf area index (LAI), photosynthetically active radiation absorption and growth period than plants sowed earlier, and had lower production of flowers, especially at lower seeding rates. The plant height and LAI increased linearly with increasing seeding rate. Plant height and LAI showed high correlation with relative grain yield. Plants sowed in december (late) had lower yield in two seasons, and in the season 2012/13 the hundred grain mass had greater relationship with yield while in the 2013/14 season the number of grains per area had higher relationship. The increase of seeding rate increased yield linearly in two seasons, and its effect was on components number of grains per area and pods per plant. There was interaction in yield between sowing times and seeding rates in 2012/13 season. The plants sowed in October did not differ among the seeding rates, the plants sowed in November at seeding rate of 350 thousand plants ha⁻¹ were more productive that the seeding rate of 150 thousand plants ha⁻¹, and in the plants sowed in December the increase of seeding rate increased yield. Higher seeding rates in December (late) can provide higher income to the growers when the market price is favorable.

Keywords: *Glycine max*, plant population, sowing date, sowing rate.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* L.) é uma leguminosa de grande importância econômica para o Brasil, que na safra 2011/12 produziu 65,8 milhões de Mg (FAO, 2014), sendo classificado como segundo maior produtor mundial desta cultura. Apesar de ser naturalmente sensível ao fotoperíodo, com o melhoramento genético ela foi adaptada a diversas condições de cultivo, o que permitiu que a cultura se estabelecesse desde a região sul até o norte do país.

O Paraná, na safra 2011/12, foi o segundo maior estado produtor de soja do Brasil, produzindo 10,9 milhões de Mg de grãos (CONAB, 2014) e deste total, a região de Guarapuava-PR produziu aproximadamente 600 mil Mg de grãos na safra 2011/12 (SEAB, 2014).

Esta região destaca-se como importante produtora de cereais de inverno, como cevada, trigo, aveia e triticale, e devido ao período de cultivo e ciclo destas culturas, os produtores de soja muitas vezes precisam optar por semeaduras tardias. O zoneamento agrícola indica que a semeadura de soja na região de Guarapuava seja realizada de 21 de outubro a 31 de dezembro (MAPA, 2014).

Vários trabalhos relatam que o atraso da época de semeadura de soja acarreta em reduções de produtividade (LUDWIG et al., 2007; PELUZIO et al., 2010; FATICHIN et al., 2013), mesmo dentro do período recomendado pelo zoneamento (MEOTTI et al., 2012; PIEROZAN JUNIOR, 2012). Essa interferência da época de semeadura ocorre porque as épocas apresentam diferentes condições de luz, temperatura, distribuição da precipitação e fotoperíodo. Como a soja é uma cultura fotossensível, o fotoperíodo regula a indução ao florescimento e afeta o período de crescimento das plantas (KANTOLIC e SLAFER, 2001, 2005). Estudar como a planta se comporta, nas diferentes épocas de semeadura, permite conhecer quais são os fatores que ocasionam essa redução na produtividade em semeaduras tardias, subsidiando um manejo fitotécnico que possa reduzir esta diminuição de produtividade.

A semeadura da lavoura é um dos manejos fitotécnicos que interferem na produtividade final. Dentre as práticas de manejo, a densidade de semeadura pode influenciar no desenvolvimento e na produtividade da soja (COX e CHERNEY, 2011). A densidade adequada vai depender de uma interação entre local, cultivar, época e condições ambientais, que pode interferir na estatura de plantas, no aproveitamento da luz, água, nutrientes e na velocidade de cobertura do solo, maximizando o aproveitamento da área quando estiver em nível adequado.

Conhecer as respostas das plantas ao manejo da época e da densidade de semeadura são úteis para se buscar manejos mais produtivos da cultura da soja, assim como já fora observado por outros autores (DE BRUIN e PEDERSEN, 2008).

Pierozan Júnior (2012) testou algumas cultivares utilizadas pelos produtores da região de Guarapuava-PR e verificou que a cultivar BMX Energia[®] foi a que apresentou o maior potencial produtivo no campo quando semeada em meados de outubro e novembro, porém sua produtividade decresceu na semeadura de dezembro. Levando em consideração os resultados desta cultivar, optou-se por utilizá-la para verificar se o ajuste na densidade de semeadura seria capaz de amenizar o decréscimo de produtividade na semeadura de dezembro, e também se esse ajuste poderia trazer ganhos em produtividade nas outras épocas de semeadura.

Estudos sobre aprimoramento do manejo fitotécnico da cultura da soja, principalmente em semeaduras tardias, são importantes para a região Centro Sul do Paraná, pois assim obtém-se informações para otimizar o uso da terra, gerar maior renda ao produtor, incrementar a produtividade e a produção agrícola e, conseqüentemente, auxiliar no suprimento da crescente demanda por alimentos.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o crescimento, os componentes produtivos e a produtividade de plantas de soja, semeadas em diferentes épocas e densidades.

2.2 Específicos

Analisar como a época de semeadura interfere na relação entre o crescimento e a produtividade de plantas de soja cultivadas em duas safras em Guarapuava, PR.

Analisar o efeito de quatro densidades de semeadura no crescimento e na produtividade final de grãos de plantas de soja cultivadas em duas safras em Guarapuava, PR.

Verificar se há efeito da interação dos tratamentos no crescimento e na produtividade de plantas de soja cultivadas em duas safras em Guarapuava, PR.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Panorama

A soja é cultivada em 6% das áreas aráveis do mundo, e sua produção mundial de 1960 até 2008 aumentou 677% (HARTMAN et al., 2011). O Brasil foi o segundo maior produtor mundial de soja na safra 2011/12, produzindo 65,8 milhões de Mg (26% da produção mundial), com uma produtividade média de 2,64 Mg ha⁻¹ (FAO, 2014).

O Estado do Paraná foi o segundo maior produtor de soja no Brasil na safra 2011/12, produzindo 10,9 milhões de Mg (16% da produção nacional), com uma produtividade média de 2,45 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2014; FAO, 2014).

O núcleo regional que abrange os municípios da região de Guarapuava produziu, na safra 2011/12, aproximadamente 600 mil Mg de Soja, com uma produtividade média de 2,90 Mg ha⁻¹ (CONAB, 2014; DERAL/SEAB, 2014). Esse volume de produção demonstra a importância desta cultura para a região. Considerando que o menor preço médio mensal até o ano de 2013 foi aproximadamente US\$ 21,20 (Considerando a cotação do dólar em dez/2013, sendo US\$ 1,00 = R\$ 2,357) por saca de 60 kg (SEAB, 2014) e considerando a respectiva produção, podemos inferir que a comercialização desta leguminosa movimentou, neste ciclo de produção, um valor acima de US\$212,1 milhões somente na região de Guarapuava-PR, destacando-se a importância econômica desta cultura para a região.

3.2 A planta de soja e sua escala fenológica

A soja pertence à família Fabaceae e sua espécie é *Glycine max* (L.) Merrill. A escala fenológica mais utilizada para avaliar o desenvolvimento das plantas de soja é a de Fehr e Caviness (1977) (Quadro 1) por ser objetiva, precisa e universal, uniformizando a linguagem entre diferentes públicos envolvidos com a cultura (FARIAS et al., 2007). Esta escala divide o crescimento em duas partes, o período vegetativo (estádios V) e reprodutivo (estádios R). A letra V seguida de letras ou números identifica o estágio específico do período vegetativo; da mesma forma, a letra R seguida de números identifica o estágio específico do período reprodutivo (FEHR e CAVINESS, 1977).

Quadro 1. Estádios vegetativos e reprodutivos da soja¹.

Estádios vegetativos	Estádios reprodutivos
VE - Emergência	R1 - Início do florescimento
VC - Cotilédone	R2 - Pleno florescimento
V1 - 1º nó	R3 - Início da formação de vagens
V2 - 2º nó	R4 - Plena formação das vagens
V3 - 3º nó	R5 - Início do enchimento das grãos
*	R6 - Pleno enchimento das vagens
*	R7 - Início da maturação
Vn - enésimo nó	R8 - Maturação plena

¹Para definir o estágio de um campo de soja, cada estágio específico de V ou R é definido quando 50% ou mais das plantas deste campo estiverem neste estágio.

Adaptado de Fehr e Caviness (1977).

Os nós são pontos de crescimento existentes na haste. O primeiro nó presente no caule representa o nó cotiledonar, e este não é considerado na contagem de nós da planta. O nó seguinte representa o ponto de crescimento das folhas unifoliadas, e é considerado o primeiro nó na contagem do período vegetativo. Os nós seguintes apresentam incidência alternada e são contados a partir do momento que os bordos do trifólio que partem do nó não se tocam (FARIAS et al., 2007).

No estágio reprodutivo a letra R é seguida pelos números de 1 até 8. Este estágio pode ser subdividido em quatro partes: florescimento (R1-R2), formação de vagens (R3-R4), enchimento de grãos (R5-R6) e maturação da planta (R7-R8) (FARIAS et al., 2007). Normalmente, 60-75% das flores são abortadas, e qualquer estresse pode aumentar esse índice, que pode causar impacto negativo na produtividade (MCWILLIANS et al., 1999).

No estágio R3, a ocorrência de estresse por temperatura e/ou de umidade podem afetar o número de vagens, número de grãos por vagem e tamanho de grãos, enquanto que o estágio R4 é o período mais crucial para a produtividade de grãos, porque se a planta passar por um estresse ambiental, como déficit hídrico e temperaturas elevadas, este fato irá afetar negativamente o número de vagens, e à medida que se avança nos estádios reprodutivos, a planta vai perdendo a capacidade de compensar efeitos de estresse (MCWILLIANS et al., 1999).

Apesar da escala considerar que a partir de R1 as plantas estão no período reprodutivo, as plantas de soja continuam realizando o crescimento vegetativo após esse estágio, e geralmente alcançam o máximo de crescimento no estágio R5, sugerindo que R5 seja o final do período vegetativo (EGLI, 2010). Em cultivares de hábito de crescimento determinado, o crescimento vegetativo após R1 ocorre nas hastes secundárias (EGLI et al., 1985).

3.3 Cultivar

Pierozan Júnior (2012) testou algumas cultivares utilizadas pelos produtores da região de Guarapuava-PR e verificou que a cultivar BMX Energia[®] foi a que apresentou o maior potencial produtivo no campo quando semeada em meados de outubro e novembro, porém sua produtividade decresceu na semeadura de dezembro.

3.4 Ecofisiologia

O fotoperíodo, a radiação solar, a temperatura e a disponibilidade hídrica são os fatores que mais afetam o desenvolvimento e a produtividade de soja (FARIAS et al., 2007).

A taxa de fotossíntese das plantas é determinada pela capacidade fotossintética das folhas, pelas condições ambientais (temperatura, radiação solar, concentração de CO₂, nutrientes e disponibilidade de água) e a proporção de radiação solar absorvida pelo dossel da planta (EGLI, 2010).

3.4.1 Fotoperíodo e florescimento

Nas plantas fotossensíveis, o número de dias, curtos ou longos, necessário para o estímulo do florescimento é menor em plantas mais velhas, e a duração crítica do fotoperíodo para induzir o florescimento varia com a espécie (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Nas plantas de soja a sensibilidade ao fotoperíodo normalmente se torna evidente a partir da emissão do quinto trifólio. Antes desse estágio as plantas ainda estão no período juvenil, sendo insensíveis ao fotoperíodo (MCWILLIANS et al., 1999; RANGEL, 2014).

Devido ao encurtamento do fotoperíodo as plantas de soja semeadas tardiamente apresentam florescimento antecipado, reduzindo desta forma o ciclo da planta (PEDERSEN e LAUER, 2004; VENTUROSIO et al., 2009), e isso faz com que esta seja mais sensível a períodos de estresse (EGLI, 2010). O florescimento precoce faz com que as plantas atinjam o período reprodutivo com menor índice de área foliar (IAF), o que pode fazer com que atinjam os estádios reprodutivos antes de alcançar o IAF crítico (interceptação de 95% da radiação solar) reduzindo a eficiência da planta na produção de fotoassimilados, afetando diretamente o número de vagens, o número de grãos e a produtividade (EGLI, 2010).

Em condições artificiais, o prolongamento do fotoperíodo após o estágio R3 prolongou a duração do período entre os estádios R3-R6 e levou a uma maior formação de vagens e grãos por área (KANTOLIC e SLAFER, 2001; 2005), por acarretar em um maior

número de nós por planta e maior número de vagens por nó (KANTOLIC e SLAFER, 2005). Esses autores verificaram também que a massa de grãos reduziu com o aumento do fotoperíodo no pós-florescimento, porém em menor proporção (-20%) que o aumento do número de grãos por área (+75%) (KANTOLIC e SLAFER, 2005). Esses resultados demonstram a importância do fotoperíodo na formação dos componentes produtivos de plantas de soja.

Han et al. (2006) verificaram que o fotoperíodo é o principal fator ambiental que regula o crescimento no pós-florescimento de plantas de soja. Verificaram também que o fotoperíodo mais curto após a floração reduz o crescimento e o desenvolvimento da cultura e que no pós-florescimento os sinais do fotoperíodo são mediados por fitocromos, assim como ocorre antes do florescimento.

3.4.2 Temperatura

O mais adequado durante a semeadura é que a temperatura do solo esteja na faixa de 20 °C a 30 °C, sendo o ideal em 25 °C para emergência rápida e uniforme. Caso a temperatura do solo estiver abaixo de 20 °C pode prejudicar a germinação e a emergência (EMBRAPA, 2011). Segundo Sinclair et al. (2005) e Embrapa (2011) para ocorrer a emergência, é necessária uma soma térmica de aproximadamente 40 °C, considerando uma temperatura basal de 11 °C, e uma temperatura máxima de 25,6 °C. Segundo os mesmos autores, em temperaturas abaixo de 10 °C o crescimento vegetativo é pequeno ou nulo.

Temperaturas baixas no período de enchimento de grãos resultam em menor taxa de enchimento de grãos, maior período de enchimento e grãos maiores (EGLI et al., 1978). Considera-se a temperatura basal para soja sendo na faixa de 10 °C a 11 °C (SINCLAIR, et al., 2005; FARIAS et al., 2007; EMBRAPA, 2011), sendo seu desenvolvimento ideal em 30 °C (EMBRAPA, 2011).

3.4.3 Disponibilidade hídrica

A disponibilidade de água é o principal fator que limita o potencial produtivo da cultura da soja, sendo o maior causador de diferença no rendimento de grãos observado entre diferentes safras. Os períodos de crescimento mais sensíveis ao déficit hídrico ocorrem durante a germinação (VE) e também no início do florescimento ao pleno enchimento de grãos (R1-R6). A necessidade de água aumenta com o crescimento da planta, atingindo o

ápice no enchimento de grãos (7 – 8 mm dia⁻¹), decrescendo após esse período. A necessidade total de água na cultura varia entre 450 – 800 mm ciclo⁻¹ (FARIAS et al., 2007; EMBRAPA, 2011).

A redução na produtividade de grãos pelo estresse hídrico depende tanto do estágio fenológico no momento do estresse e da capacidade de compensação dos componentes produtivos (PEDERSEN e LAUER, 2004).

A fixação biológica do nitrogênio (FBN) atmosférico é altamente sensível ao estresse hídrico (SERRAJ et al., 1999), desta forma, o estresse hídrico reduz a FBN e consequentemente a produtividade, pois o N é essencial para a formação de proteínas que irão compor o grão (SINCLAIR et al., 2007).

Cox e Jolliff (1986) verificaram que o IAF e a taxa de assimilação líquida da soja são reduzidos pelo déficit hídrico, e que o componente de produtividade mais afetado nestas condições é o número de vagens.

3.4.4 Radiação solar

A radiação solar é a principal fonte de energia para as plantas, devendo ser explorada ao máximo em ambientes agrícolas, pois sua interceptação permite a realização da fotossíntese e formação de fotoassimilados (EGLI, 2010).

A capacidade de produzir matéria seca por unidade de radiação solar interceptada (RUE) é sensível a qualquer variação na fotossíntese das plantas, que é afetada pelas condições do ambiente (p.ex. temperatura, estresse hídrico, disponibilidade de nutrientes, entre outros) e é diferente entre as espécies de plantas. Uma vez que a soja é uma planta C₃, que produz folhas com elevados teores de proteínas e grãos com substâncias de alto valor energético, a máxima RUE (i.e. medida sob condições sem estresse) é menor que a maioria das outras plantas cultivadas (EGLI, 2010).

O percentual de interceptação de luz tem uma resposta curvilínea com o aumento do IAF até o fechamento do dossel (WELLS, 1991), quando a interceptação da luz e a fotossíntese do dossel alcançam o máximo (EGLI, 2010). Após o fechamento do dossel, a interceptação de luz não declina na mesma proporção que a perda de área foliar, indicando que a abscisão foliar atinge folhas não envolvidas na interceptação de luz (WELLS, 1991).

Zhang et al. (2014) demonstraram que a restrição de radiação UV-A e UV-B interferem no crescimento de plantas de soja, constatando aumento no número de nós, no tamanho de entrenós e consequentemente na estatura de plantas.

Yang et al. (2014) observaram que a quantidade de luz e também a qualidade (relação vermelho e vermelho distante) influenciam as respostas fisiológicas da planta de soja, como exemplo o diâmetro de haste, comprimento de raízes, biomassa de raízes e de parte aérea. Estes autores constataram que plantas mais sombreadas apresentam uma menor relação raiz/parte aérea e maior estatura.

3.5 Densidade de semeadura

O manejo da densidade de semeadura é uma forma de alterar o arranjo das plantas no local onde estiverem sendo conduzidas. O adensamento na linha das plantas aumenta a competição pelos fatores ambientais, no entanto também pode tornar mais eficiente o aproveitamento do ambiente.

Os principais fatores que influenciam a resposta da soja à variação na densidade de semeadura são o local (clima), ano, época de semeadura, cultivar e fertilidade do solo (EMBRAPA, 2011).

A densidade de semeadura pode interferir no número de hastes secundárias, na biomassa por planta, no número de vagens e grãos por planta e na produtividade (COX e CHERNEY, 2011), porém a magnitude dessas diferenças é dependente dos fatores ambientais e da cultivar utilizada (FATICHIN et al., 2013).

A densidade de semeadura também pode interferir na incidência de plantas daninhas, pois lavouras mais adensadas tendem a fechar as entrelinhas mais rapidamente, competindo melhor pela luz e ambiente, proporcionando condições menos favoráveis à incidência de plantas daninhas (WIATRAK e CHEN, 2011). Porém, em condições ambientais desfavoráveis, como a limitação hídrica, o adensamento de plantas pode não favorecer o fechamento do dossel e, conseqüentemente, não reduz a emergência de plantas daninhas (HARDER et al., 2007), sendo que nestas condições de baixa disponibilidade hídrica, as maiores densidades de semeadura são mais prejudicadas. Ainda segundo os mesmos autores, quando há limitações ambientais, o adensamento de 300.000 plantas ha⁻¹ para 445.000 plantas ha⁻¹ não resultou em maior produtividade de grãos.

3.6 Época de semeadura

A época de semeadura é determinante para a cultura da soja, e isso impacta na produtividade, que apresenta uma ampla variação de resposta entre diferentes ambientes

(EGLI e CORNELIUS, 2009).

A escolha da época de semeadura é uma etapa importante no planejamento de uma lavoura. Através dela podemos manejar as cultivares e buscar semeá-las nos períodos mais adequados. Manejando a época, interfere-se na temperatura, precipitação, fotoperíodo e radiação solar, ou seja, é um manejo das condições ambientais em que a planta estará inserida.

O estudo da época de semeadura é de consumada importância no crescimento de plantas de soja (PEIXOTO et al., 2000; POPP et al., 2002; LUDWIG et al., 2007; VENTUROSO et al., 2009; PELÚZIO et al. 2010; MEOTTI et al., 2012; PIEROZAN JUNIOR, 2012). Para a região oeste do estado do Paraná há relato de que a semeadura realizada em meados de setembro e outubro, antes da época preferencial que é novembro, propiciou maior produção de grãos (STÜLP et al., 2009).

Oficialmente, o zoneamento agrícola é determinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e para as safras 2012/13 e 2013/14 foi estabelecido através da portaria nº 135, de 9 de julho de 2012 e nº 70, de 8 de julho de 2013 (MAPA, 2014), respectivamente, que estabelecem que a semeadura de soja na região de Guarapuava seja realizada de 21 de outubro a 31 de dezembro, em ambas as safras.

O ideal seria semear no início do zoneamento (PIEROZAN JUNIOR, 2012), porém nem sempre isso é possível devido à sucessão de culturas que ocorre nas propriedades. A região de Guarapuava é importante produtora nacional de cereais de inverno, sendo que em 2012 o município foi o 1º colocado no ranking nacional de produção de cevada, com 49,1 mil Mg produzidas, o 3ª em produção de triticale, com 4,3 mil Mg produzidas, o 13º colocado no ranking nacional de produção de trigo, com 43,8 mil Mg produzidas e o 25º em produção de aveia, com 5,4 mil Mg produzidas (IBGE, 2014). Na região de Guarapuava, historicamente há maiores riscos de geadas tardias até meados de setembro, assim os cereais de inverno são semeados de modo a florescer após esse período e acabam encerrando o ciclo entre meados de outubro e meados de novembro. Com isso, nem sempre os produtores estão com seus campos disponíveis para a semeadura de soja no período ideal, e acabam realizando a semeadura mais próximo do final do prazo de zoneamento agrícola.

Uma desvantagem de se realizar a semeadura tardia de soja, é que ela normalmente acarreta em um decréscimo na produtividade (CALVIÑO et al., 2003; PELUZIO et al., 2010; PIEROZAN JUNIOR, 2012). Uma das explicações para este decréscimo na produtividade é que à medida que se atrasa a época de semeadura, as plantas estarão submetidas ao fotoperíodo crítico em um período mais antecipado do crescimento vegetativo, iniciando o período reprodutivo mais precocemente. Além do fotoperíodo, Calvino et al. (2003) atribuem

a redução na produtividade em semeaduras tardias aos seguintes fatores: redução do ciclo, menor taxa de crescimento, menor temperatura e menor incidência de radiação solar.

Plantas oriundas de semeadura no início do período adequado podem propiciar um maior número de vagens por planta, maior estatura de plantas, maior número de ramos, maior massa de grãos e, conseqüentemente, maior produtividade (MEOTTI et al., 2012), enquanto que plantas oriundas de semeadura tardia podem apresentar menor biomassa, menor índice de colheita, menor número de grãos (FATICHIN et al., 2013) e menor peso de grão (CALVIÑO et al., 2003).

Essa diferença no comportamento da planta acontece porque os componentes produtivos apresentam ajustes para compensar efeitos da época de semeadura, que vão depender do local e do ambiente (PEIXOTO et al., 2000; HEIFFIG, 2002; MEOTTI et al., 2012). Fatichin et al. (2013) avaliaram o comportamento de cultivares de soja em diferentes épocas e observaram que os componentes número de grãos por área e período de enchimento de grãos foram os mais afetados pelo atraso na época de semeadura.

Para maximizar a produtividade de soja, devem ser realizados estudos específicos para os locais de semeadura, para se conhecer a resposta das plantas as condições ambientais inerentes ao local do cultivo. A época de semeadura é o trato cultural menos dispendioso para obtenção de maiores produtividades (POPP et al., 2002). Há relatos de incremento na produtividade em semeaduras tardias utilizando densidades maiores que as recomendadas, conforme observado em trabalhos realizados em outras regiões (LUDWIG et al., 2007; DE BRUIN e PEDERSEN, 2008).

3.7 Referências bibliográficas

CALVIÑO, P.A.; SADRAS, V.O.; ANDRADE, F.H. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. **European Journal of Agronomy**. v. 19, p. 265-275, 2003.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Início/ Produtos e serviços/ Safras – Grãos – Soja Brasil. Série Histórica de Produção. Safras 1976/77 a 2012/13**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Growth and Yield Responses of Soybean to Row Spacing and Seeding Rate. **Agronomy Journal**. v. 103, p. 123-128, 2011.

COX, W.J.; JOLLIFF, G.D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**. v. 78, p. 226-230, 1986.

DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Soybean seed yield response to planting date and seeding rate in the Upper Midwest. **Agronomy Journal**. v. 100, p. 696-703, 2008.

DERAL – Departamento de Economia Rural/SEAB. **Conjuntura Agropecuária - Safra 2013/14 - Soja**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/soja__2013_14.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2014.

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

EGLI, D.B. Soybean yield physiology: principles and processes of yield production. In: SINGH, Guriqbal (Ed.). **The soybean: botany, production and uses**. Ludhiana: CABI, 2010. p. 113-141.

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

EGLI, D.B.; LEGGETT, J.E.; WOOD, J.M. Influence of soybean seed size and position on the rate and duration of filling. **Agronomy Journal**. v. 70, p. 127-130, 1978.

- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261p.
- FAO, Food And Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT Production Crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja (Embrapa Soja. Circular técnica, 48)**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9p.
- FATICHIN; ZHENG, S.H.; NARASAKI, K.; ARIMA, S. Genotypic adaptation of soybean to late sowing in southwestern Japan. **Plant Production Science**. v. 16, p. 123-130, 2013.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11p.
- HAN, T.; WU, C.; TONG, Z.; MENTREDDY, R.S.; TAN, K.; GAI, J. Post flowering photoperiod regulates vegetative growth and reproductive development of soybean. **Environmental and Experimental Botany**. v. 55, p. 120-129, 2006.
- HARDER, D.B.; SPRAGUE C.L.; RENNER K. A. Effect of soybean row width and population on weeds, crop yield, and economic return. **Weed technology**. v. 21, p. 744-752, 2007.
- HARTMAN, G.L.; WEST, E.D.; HERMAN, T.K. Crops that feed the World 2. Soybean—worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food Security**. v. 3, p. 5-17, 2011.
- HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- IBGE. **SIDRA (Sistema IBGE de Recuperação Automática) Banco de Dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl1.asp?c=1612&n=0&u=0&z=t&o=1&i=P>>. Acesso em: 29 jul. 2014.

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. **Field Crops Research**. v. 72, p. 109-118, 2001.

KANTOLIC, A.G.; SLAFER, G.A. Reproductive development and yield components in indeterminate soybean as affected by post-flowering photoperiod. **Field Crops Research**. v. 93, p. 212-222, 2005.

LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D.; FARIAS, J.R.; LOSEKANN, M.E.; STEFANELO, C.; LUCCA FILHO, O.A. Efeito da densidade de semeadura e genótipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja semeada após a época indicada. **Revista da FZVA**. v. 14, p. 13-22, 2007.

MAPA. **Zoneamento Agrícola**. Portarias nº 70, de 8 de julho de 2013 e nº 135, de 9 de julho de 2012. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

MCWILLIAMS, D.A.; BERGLUND, D.R.; ENDRES, G.J. **Soybean growth and management quick guide**. Fargo: North Dakota State University - NDSU Extension Service and University of Minnesota, 1999. A-1174p.

MEOTTI, G.V.; BENIN, G.; SILVA R.R.; BECHE, E.; MUNARO L.B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, p. 14-21, 2012.

PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Response of soybean yield components to management system and planting date. **Agronomy Journal**. v. 96, p. 1372-1381, 2004.

PELUZIO, J.M.; VAZ-DE-MELO, A.; COLOMBO G.A.; SILVA, R.R.; AFFÉRI, F.S.; PIRES, L.P.M.; BARROS, H.B. Efeito da época e densidade de semeadura na produtividade de grãos de soja na Região Centro-Sul do estado do Tocantins. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 3, p. 145-153, 2010.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Sowing date and plant density of soybean: I. Yield components and grain yield. **Scientia Agricola**. v. 57, p. 153-162, 2000.

PIEROZAN JUNIOR, C. **Crescimento e desempenho produtivo de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Estado do Paraná.** 2012. 76p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR.

POPP, M.P.; KEISLING, T.C.; RONALD W. MCNEW, R.W.; OLIVER, L.R.; DILLON, C.R.; WALLACE, D.M. Planting date, cultivar, and tillage system effects on dryland soybean production. **Agronomy Journal**. v. 94, p. 81–88, 2002.

RANGEL, M.A.S. **Minha soja floresceu com porte baixo e agora? - 2006** Embrapa artigos. Disponível em: <<https://www.cpa0.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo5.html>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

SEAB – Secretaria Estadual de Abastecimento do Estado do Paraná. **Conjuntura agropecuária - Soja.** Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/prpsh95.xls>>. Acesso em: 23 jun. 2014.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R.; PURCELL, L.C. Symbiotic N₂ fixation response to drought. **Journal of Experimental Botany**. v. 50, p. 143-155, 1999.

SINCLAIR, T.R.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**. v. 92, p. 53-59, 2005.

SINCLAIR, T.R.; PURCELL, L.C.; KING, C.A.; SNELLER, C.H.; CHEN, P.; VADEZ, V. Drought tolerance and yield increase of soybean resulting from improved symbiotic N₂ fixation. **Field Crops Research**. v. 101, p. 68-71, 2007.

STÜLP, M.; BRACCINI, A.L.; ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M.R.; SCAPIM, C.A.; SCHUSTER, I. Desempenho agrônômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 33, p. 1240-1248, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** Trad. Armando Molina Divan Junior et al. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

VENTUROSO, L.R.; CARON, B.O.; SCHMIDT, D.; BERGAMIN A.C.; VALADÃO JÚNIOR D.D.; JAKELAITIS A. Efeito da época de semeadura sobre caracteres agrônômicos em cultivares de soja em Rolim de Moura-RO. **Bioscience Journal**. v. 25, p. 73-81, 2009.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: Relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**. v. 31, p. 755-761, 1991.

WIATRAK, P.; CHEN, G. Influence of seeding rate on weed density in soybean planting system for southeastern Coastal Plains. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**. v. 6, p. 180-184, 2011.

YANG, F.; HUANG, S.; GAO, R.; LIU, W.; YONG, T.; WANG, X.; WU, X.; YANG, W. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red:far-red ratio. **Field Crops Research**. v. 155, p. 245-253, 2014.

ZHANG, L.; ALLEN JUNIOR., L.H.; VAUGHAN, M.M.; HAUSER, B.A.; BOOTE, K.J. Solar ultraviolet radiation exclusion increases soybean internode lengths and plant height. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 184, p. 170-178, 2014.

4. CAPÍTULO I – CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E DENSIDADES

RESUMO

O estudo dos efeitos do ambiente no desenvolvimento de plantas de soja permite identificar as características que interferem na produtividade. Este estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e desenvolvimento das plantas de soja em diferentes estádios fenológicos quando cultivadas em três épocas de semeadura (meados de outubro, novembro e dezembro), quatro densidades (150; 250; 350 e 450 mil plantas ha⁻¹) e duas safras (2012/13 e 2013/14), no Centro-Sul do Estado do Paraná. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições em um arranjo de parcelas subdivididas, sendo que a época de semeadura foi alocada nas parcelas e a densidade de semeadura nas subparcelas. Foram avaliados a estatura de plantas, índice de área foliar (IAF), área foliar específica, interceptação de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e número de flores e vagens em R3 com a respectiva fixação em R8. As plantas oriundas da semeadura de dezembro apresentaram estatura, IAF, absorção de RFA e ciclo de desenvolvimento menores em relação às plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro, além de menor produção de flores, principalmente nas menores densidades. A estatura de plantas e o IAF aumentaram linearmente com o aumento da densidade de semeadura. Para a cultivar utilizada, a estatura de plantas e o IAF apresentaram alta relação com a produtividade relativa.

Palavras-chave: altura de plantas, *Glycine max*, IAF, morfologia.

CHAPTER I - GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOYBEAN PLANTS SOWED AT DIFFERENT TIMES AND SEEDING RATES

ABSTRACT

The study of the effects of the environment on the development of soybean plants identifies the characteristics that interfere in yield. This study evaluated the growth and development of soybean plants at different growth stages sowed in three dates (the middle of October, November and December), four seeding rates (150, 250, 350 and 450 thousand plants ha⁻¹) and two seasons (2012/13 and 2013/14), in the center-south of Parana state. The experimental design was a randomized block with three replications in a split-plot arrangement, with the sowing date allocated as main plots and seeding rate as subplots. It was evaluated the plant height, leaf area index (LAI), specific leaf area, interception of photosynthetically active radiation (PAR) and number of flowers and pods at R3 and flowers fixation at R8. The plants sowed in December had lower plant height, LAI, PAR absorption and growth period than plants sowed in October and November, and had also lower production of flowers, especially at lower seeding rates. The plant height and LAI increased linearly with increasing seeding rate. For the varietie “BMX Energia[®]” plant height and LAI showed high relation with relative yield.

Keywords: *Glycine max*, height of the plant, LAI, morphology.

4.1 Introdução

A avaliação do crescimento de plantas de soja torna mais claro a compreensão dos fatores que promovem a produtividade, porém essa compreensão tem sido difícil, pois dependem de fenômenos da planta e da comunidade de plantas (EGLI, 2010). A cultura da soja tem sensibilidade a temperatura, ao fotoperíodo (SINCLAIR et al., 2005), a incidência de radiação solar (YANG et al., 2014) e a precipitação (PEDESEN e LAUER, 2004). Todos esses fatores ambientais são afetados pela escolha da época de semeadura e acarretam em mudanças no crescimento e desenvolvimento desta cultura.

A região Centro-Sul do Estado do Paraná se destaca como produtora de cereais de inverno como trigo, cevada, aveia e triticale. Devido ao ciclo de desenvolvimento destas culturas, muitas vezes os produtores devem semear a soja em períodos tardios. Estas semeaduras tardias tendem a antecipar o florescimento, o que encurta o período de crescimento vegetativo, reduzindo o porte da planta, que conseqüentemente pode reduzir a produtividade significativamente (PIEROZAN JUNIOR, 2012). Dessa forma, torna-se interessante compreender o crescimento de plantas de soja em períodos tardios para verificar como as características morfológicas são afetadas em relação às outras épocas.

Alguns trabalhos verificaram que a densidade de semeadura também interfere no crescimento e desenvolvimento (HEIFFIG, 2002; HEIFFIG et al., 2006) e na produtividade de plantas de soja (DAROISH et al., 2005). Talvez a diferença na produtividade esteja relacionada com a capacidade interceptação e luz e de assimilação de energia do dossel. Conhecer o efeito de diferentes densidades e épocas de semeadura permite uma melhor compreensão do comportamento e da plasticidade da cultura. Essas informações são importantes para auxiliar nas decisões de manejo e também na seleção e desenvolvimento de cultivares mais adaptadas e produtivas (STÜLP et al., 2009; FATICHIN et al., 2013).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de plantas de soja, cultivadas em três épocas de semeadura, quatro densidades e em duas safras em Guarapuava-PR.

4.2 Materiais e métodos

4.2.1 Local do experimento

O experimento foi realizado no campo experimental da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) – Campus CEDETEG (25° 23' Sul 51° 29' Oeste), situado no município de Guarapuava, região Centro-Sul do Estado do Paraná. A altitude do local é de 1029 m e o solo da área foi classificado como um Latossolo Bruno (MICHALOVICZ, 2012).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado de altitude - Cfb, sendo um clima temperado propriamente dito, com verões frescos, temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C (mesotérmico), temperatura média no mês mais quente abaixo de 22 °C e sem estação seca definida (IAPAR, 2012).

Como as áreas utilizadas nas duas safras eram adjacentes, realizou-se uma amostragem de solo representativa em 30 pontos de uma área de 5.000 m², em agosto de 2012. Os resultados de análise química apresentaram na camada de 0 a 20 cm, pH (CaCl₂): 5,2; matéria orgânica: 36,2 g dm⁻³; Ca: 4,3 cmol_c dm⁻³; K: 0,21 cmol_c dm⁻³; Mg: 2,9 cmol_c dm⁻³; Al: 0,6 cmol_c dm⁻³; H + Al: 6,76 cmol_c dm⁻³; P: 3,2 mg dm⁻³; com CTC (pH 7,0) de 14,17 cmol_c dm⁻³ e saturação por bases (V%) de 52,3%.

Realizou-se, na área experimental de cada safra, a correção do solo com 850 kg ha⁻¹ de calcário calcítico filler PRNT 92%, aplicado a lanço em área total, dois meses antes da primeira semeadura (outubro) para ambas as safras de estudo, no intuito de obter uma saturação por bases de 70% (EMBRAPA, 2006).

No local de instalação do experimento, para ambas as safras, os últimos cinco cultivos haviam sido com milho para silagem no verão e azevém, aveia, aveia preta e trigo para a cobertura do solo no inverno, em sistema de semeadura direta. A área experimental das duas safras era adjacente.

4.2.2 Material experimental

A cultivar utilizada foi a BMX Energia RR[®], geneticamente resistente ao herbicida glifosato. As características desta cultivar estão apresentadas no Quadro 2. Foi escolhida esta cultivar pois apresentou o maior potencial produtivo em relação a outras cultivares testadas na região de Guarapuava-PR em trabalho realizado por Pierozan Junior (2012). Neste trabalho foram obtidas para esta cultivar as produtividades de aproximadamente 5,2; 4,3 e 4,0 Mg ha⁻¹ nas semeaduras de outubro, novembro e dezembro, respectivamente, utilizando-se a

densidade de 260 mil plantas ha⁻¹.

Quadro 2. Recomendação e posicionamento da cultivar BMX Energia[®] pelo obtentor.

Descrição da cultivar – BMX Energia RR[®]
- Hábito de crescimento indeterminado - Massa de cem grãos (MCG): 17,6 g (dado variável conforme ambiente explorado pelo cultivar) - Grupo de maturação: 5.3 - Porte médio
Região de adaptação
- Macrorregião sojícola 1: Planalto/Campos de cima da serra do RS; SC; Sudoeste/Sul do PR
Características agronômicas
- Exigência em fertilidade: Alta - Potencial Produtivo: Alto - Alto índice de colheita, não tolera perdas em sua área foliar (cuidar com doenças e pragas desfolhadoras) - Índice de ramificação: Alto
Recomendação
- Pop. recomendada: 200 a 250 mil plantas ha ⁻¹ - Época de semeadura recomendada: início de novembro até início de dezembro

Adaptado de Brasmax (2014).

O tratamento de sementes constituiu-se de Metil benzimidazol-2-ylcarbamato (Carbendazin, 150g L⁻¹) e Dissulfeto de tetrametithiuram (Thiram, 350g L⁻¹) na dose de 100 mL, por saca de 50 kg de sementes.

As sementes foram tratadas com inoculante turfoso, contendo as estirpes SEMIA 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) e SEMIA 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*), com 5 bilhões de células viáveis g⁻¹, na dosagem de 2 g kg⁻¹ de sementes. A inoculação foi realizada manualmente cerca de 2 horas antes da semeadura.

4.2.3 Manejo fitotécnico

A semeadura foi realizada em três épocas, sendo em 18 de outubro, 19 de novembro e 19 de dezembro na safra 2012/13 (12/13), e 23 de outubro, 22 de novembro e 20 de dezembro na safra 2013/14 (13/14). Foi utilizada uma semeadora de parcelas de quatro linhas, espaçadas em 40 cm entre elas.

A adubação seguiu recomendação da Embrapa (2006) de acordo com a análise de

solo, sendo utilizados 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Superfosfato Simples) e 70 kg ha⁻¹ de K₂O (Cloreto de Potássio) nas duas safras. Foi realizada adubação foliar no estágio de desenvolvimento V4, utilizando-se o produto composto de Cobalto (Co) e Molibdênio (Mo), na dosagem aproximada de 3 g ha⁻¹ de Co e 30 g ha⁻¹ de Mo, no volume de calda de 200 L ha⁻¹. No período de início de floração (estádio R1) foi aplicado adubo foliar composto de Cálcio (Ca), Boro (B) e Potássio (K) contendo 20% Ca, 4% B e 2% K₂O na dose de 3 kg ha⁻¹, utilizando o volume de calda de 200 L ha⁻¹.

O controle de pragas, doenças e plantas daninhas foi realizado de acordo com o nível de infestação na área, através de avaliação *in loco*, considerando sempre o manejo no momento adequado e no nível de controle.

4.2.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em um arranjo de parcelas sub-divididas, com três repetições. As parcelas principais tinham como fonte de variação as três épocas de semeadura (meados de outubro, novembro e dezembro) e as subparcelas foram compostas de quatro densidades de semeadura: 150, 250, 350 e 450 mil plantas ha⁻¹. Cada uma das subparcelas continha quatro linhas de cultivo espaçadas por 0,4 m e com 15 m de comprimento, totalizando 24 m². Foram semeadas 24 sementes m⁻¹, totalizando uma população de 600.000 plantas ha⁻¹, que no estágio VC/V2 (FEHR e CAVINESS, 1977) foram desbastadas para se obter as densidades de semeadura desejadas (Figura 1).

4.2.5 Avaliações

Para as análises de crescimento, foram coletadas plantas inteiras cortadas rente à superfície do solo em 0,8 m das duas linhas centrais de cada subparcela, em quatro diferentes estádios de desenvolvimento: V6, V9, R3 e R5, deixando-se uma bordadura de 0,4 m entre as coletas. Para a determinação do estágio fenológico, observou-se as parcelas em intervalos de dois dias, sendo que o estágio de desenvolvimento era definido quando 50% ou mais das plantas estavam no mesmo estágio.

As avaliações realizadas foram: estatura de plantas, estimada da base da planta até o último nó; índice de área foliar (IAF), estimado através de fotografia digital (safra 12/13, software Image-J 1.36b, ABRÀMOFF et al., 2004) ou integrador de área foliar (safra 13/14, Licor, modelo LI 3100), nos estádios V6, V9, R3 e R5; área foliar específica (AF_e, cm² g⁻¹),

obtida através da relação entre a área foliar ($\text{cm}^2 \text{cm}^{-1}$) e a massa seca (MS) de folhas nos estádios R3 e R5; absorção de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) através de ceptômetro (safra 12/13, LI-COR modelo AccuPAR LP-80 no estádio R3) ou sensor de luz (safra 13/14, Decacon devices – Pro Check[®] nos estádios V6, R3 e R5); número de estruturas reprodutivas no estádio R3 apenas na safra 13/14, sendo consideradas todas as flores e vagens em início de formação (flores fecundadas), e fixação de flores (%).



Figura 1. Representação do procedimento de desbaste no local do experimento.

As avaliações da RFA foram realizadas em dias ensolarados dentro do intervalo de 11 horas da manhã e 14 horas da tarde (considerando o fuso horário convencional), e consistiram em avaliação da luz acima do dossel e imediatamente abaixo da planta, no nível do solo (Figura 2), realizando o procedimento cinco vezes na linha de semeadura, e cinco vezes na entrelinha, em pontos aleatórios dentro da área útil das parcelas.



Figura 2. Representação do procedimento de avaliação da radiação fotossinteticamente ativa.

Os tratamentos foram comparados entre si através das médias dessas avaliações e a porcentagem de absorção da RFA foi calculada pela diferença entre a radiação acima e abaixo do dossel. Foram registradas as datas em que as plantas avançavam os estádios de desenvolvimento. Os dados de temperatura, precipitação e radiação solar foram obtidos através do Instituto Tecnológico Simepar (SIMEPAR). O fotoperíodo foi obtido através da latitude do local.

4.2.6 Análises estatísticas

Para todos os caracteres avaliados, foi realizada análise de variância (Anova) utilizando-se o *software* estatístico Assistat[®] (SILVA e AZEVEDO, 2009). Quando houve significância estatística, o parâmetro época foi submetido ao teste de Tukey a 5% de probabilidade e o parâmetro densidade de semeadura à análise de regressão. Quando foi observada interação significativa entre os tratamentos, com $p \leq 5\%$, foi realizado o desdobramento estatístico dos tratamentos.

4.3 Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta a duração dos estádios de desenvolvimento que as plantas tiveram entre períodos, também os dados climáticos de temperatura média e máxima, precipitação acumulada, radiação solar acumulada, bem como o fotoperíodo quando as plantas atingiram o estágio R1, nas safras 12/13 e 13/14.

Analisando-se os dias de crescimento de VE-R8; percebe-se a redução do ciclo das plantas oriundas da semeadura de dezembro (tardia), que tiveram 20 (safra 12/13) e 22 (safra 13/14) dias de crescimento a menos em relação às plantas oriundas da semeadura de outubro. O componente tempo é prejudicial em semeaduras tardias, pois as plantas florescem com um menor crescimento vegetativo, e isso leva a uma menor taxa de crescimento no início do período reprodutivo, que acaba impactando na produtividade (EGLI, 2010).

As temperaturas média e máxima entre o período VE-R8 foram semelhantes entre as épocas de semeadura e entre as safras. As temperaturas máximas foram levemente superiores na safra 13/14 durante os estádios reprodutivos das plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro. De modo geral, quando a semeadura foi realizada em dezembro houve tendência de menor temperatura média e máxima nas duas safras.

Tabela 1. Duração de estádios de desenvolvimento das plantas (dias), dados climáticos durante o ciclo de desenvolvimento e o fotoperíodo no estádio R1 em que estiveram submetidas as plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.

Época	2012/2013						2013/2014					
	Estádio						Estádio					
	VE-V6 ¹⁾	V6-V9	V9-R3	R3-R5	R5-R8	VE-R8	VE-V6	V6-V9	V9-R3	R3-R5	R5-R8	VE-R8
Duração dos estádios (dias)												
Out	34	16	19	16	42	127	38	10	18	16	47	129
Nov	29	14	16	11	47	117	29	10	22	9	44	114
Dez	34	9	15	16	33	107	28	10	15	14	40	107
Temperatura média (°C)												
Out	20,1	22,0	21,4	20,7	21,5	21,0	19,6	20,4	21,8	20,5	21,5	20,8
Nov	21,7	21,1	20,4	22,3	20,6	21,1	21,1	21,0	21,8	24,3	19,9	21,0
Dez	20,7	21,9	21,2	21,6	18,9	20,5	21,4	24,0	21,2	19,7	19,6	20,7
Temperatura máxima (°C)												
Out	26,1	28,0	26,4	25,9	26,6	26,4	25,3	26,3	27,2	26,1	27,2	26,5
Nov	27,5	25,8	25,6	28,3	24,8	26,0	26,8	26,2	27,8	31,1	25,3	26,7
Dez	25,8	27,6	24,9	26,5	23,4	25,2	27,0	30,4	27,5	24,4	24,8	26,2
Precipitação acumulada (mm)												
Out	141	84	114	100	272	711	170	98	71	218	203	759
Nov	152	103	81	16	473	825	179	77	196	0	311	762
Dez	183	20	213	84	285	785	266	7	54	130	260	718
Radiação solar acumulada (MJ m ⁻²)												
Out	581	244	280	333	642	2158	694	176	360	300	889	2419
Nov	451	217	317	211	857	2053	568	147	452	220	720	2108
Dez	620	137	262	273	702	1993	507	238	279	228	582	1834
	Fotoperíodo ²⁾ (horas luz)		Duração dos estádios (dias)				Fotoperíodo (horas luz)		Duração dos estádios (dias)			
	R1		(VE-R1)(R1-R8)				R1		(VE-R1) (R1-R8)			
Out	13h42m		45 82				13h44m		54 75			
Nov	13h38m		43 74				13h35m		41 73			
Dez	13h19m		33 74				13h9m		38 69			

FONTE (dados climáticos): SIMEPAR (2014).

¹⁾ VE: emergência de plantas; V6: sexto trifólio; V9: nono trifólio; R3: início da formação de vagens; R5: início do período de enchimento de grãos; R8: maturação final.

²⁾ O fotoperíodo é referente ao comprimento do dia na data em que as plantas alcançaram o estádio R1.

As precipitações não foram bem distribuídas e houve períodos pontuais com estiagem nas duas safras. De modo geral, durante o período compreendendo os estádios R5-R8 houve maior precipitação na safra 12/13 em relação à safra 13/14. O volume de precipitação esteve dentro do intervalo de necessidade hídrica, que é de 450-800 mm ciclo⁻¹ (FARIAS et al., 2007; EMBRAPA, 2011) nas duas safras.

A radiação solar acumulada foi decrescente com o avanço da época de semeadura, com uma diferença entre o ciclo de desenvolvimento das plantas oriundas da semeadura de outubro e dezembro de -7,6% para a safra 12/13 e -24,2% na safra 13/14. Isso é decorrente tanto da redução do ciclo das plantas oriundas da semeadura tardia como também da redução do fotoperíodo a partir do solstício de verão.

O fotoperíodo quando as plantas se encontravam no estádio R1 foi decrescente com o atraso da semeadura de outubro para dezembro, com uma diferença de 23 e 35 minutos respectivamente, para a safra 12/13 e 13/14.

Com relação à estatura de plantas de soja, a época de semeadura e a densidade tiveram efeito em todos os estádios avaliados (Tabela 2). A época de semeadura afetou a estatura de plantas nos estádios V6 e V9 nas duas safras, porém essa diferença foi de baixa magnitude.

No estádio R3 da safra 12/13 houve interação significativa, sendo que nas plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro a densidade afetou de modo linear: o aumento da densidade aumentou a estatura, enquanto que as plantas oriundas da semeadura de dezembro não apresentaram diferença na estatura entre as densidades.

No estádio R3 da safra 13/14, com relação às épocas de semeadura, as plantas oriundas da semeadura de novembro tiveram maior estatura que as plantas oriundas da semeadura de outubro, que por sua vez foram superiores as plantas oriundas da semeadura de dezembro. No estádio R5, com relação às épocas de semeadura, o efeito foi o mesmo nas duas safras, sendo que as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro não diferiram entre si, e foram superiores em estatura comparadas às plantas oriundas da semeadura de dezembro. De modo geral, as plantas oriundas da semeadura de dezembro apresentaram menor estatura em todas as avaliações a partir do estádio V9. Esses dados corroboram com os resultados de Bracini et al. (2004), em que plantas de soja oriundas de semeaduras realizadas após novembro apresentaram decréscimo acentuado em altura na região centro-norte do estado do PR.

Na semeadura em dezembro, o estímulo ao florescimento ocorre precocemente em relação às plantas oriundas da semeadura das épocas anteriores, encurtando a duração do crescimento vegetativo. Assim, a planta entra na fase reprodutiva com um porte menor e, conseqüentemente, apresenta menor estatura. Sinclair et al. (2005) verificaram que a estatura final de plantas apresenta alta relação com o número de dias até o florescimento. Isso explica, em parte, a menor estatura observada na semeadura de dezembro em ambas as safras.

Tabela 2. Estatura nos estádios V6, V9, R3 e R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava-PR.

Densidade de semeadura (mil pl. ha ⁻¹)	2012/13				2013/14			
	Época				Época			
	18/out	19/nov	19/dez	Média	23/out	22/nov	20/dez	Média
Estatura (cm) - V6								
150	9,9	12,1	14,9	12,3	13,1	11,5	14,1	12,9
250	10,4	12,5	14,4	12,4	14,2	13,0	13,8	13,6
350	10,4	13,7	16,3	13,5	14,8	13,2	15,4	14,4
450	10,7	13,0	16,6	13,4	14,9	14,7	16,4	15,3
Média	10,3 c ¹⁾	12,8 b	15,5 a		14,2 a	13,1 b	14,9 a	
Estatura (cm) - V9								
150	20,6	25,1	22,8	22,8	20,5	23,0	22,4	22,0
250	23,8	27,1	22,1	24,3	22,6	25,1	23,8	23,8
350	25,8	30,1	25,3	27,1	24,1	27,6	24,6	25,4
450	28,3	32,7	25,0	28,7	24,6	28,8	27,1	26,9
Média	24,6 b	28,7 a	23,8 b		23,0 b	26,1 a	24,5 ab	
Estatura (cm) - R3								
150	45,8 aC	45,5 aB	39,2 bA	43,5	42,3	57,3	40,7	46,7
250	58,2 aB	49,6 bAB	40,5 cA	49,5	46,7	64,2	43,0	51,3
350	61,4 aAB	53,9 bA	44,3 cA	53,2	50,7	66,6	45,9	54,4
450	66,8 aA	55 bA	42,9 cA	54,9	54,3	66,2	50,4	57,0
Média	58,0	51,0	41,7		48,5 b	63,6 a	45,0 c	
Estatura (cm) - R5								
150	73,7	69,4	49,7	64,3	72,5	68,2	55,9	65,5
250	74,9	76,0	54,0	68,3	76,9	77,8	59,7	71,5
350	80,2	77,4	55,9	71,2	82,2	78,7	60,1	73,7
450	80,9	72,4	54,3	69,2	85,2	77,8	61,9	75,0
Média	77,4 a	73,8 a	53,5 b		79,2 a	75,6 a	59,4 b	
Significância (p)	V6	V9	R3	R5	V6	V9	R3	R5
Época (Ép)	*** ²⁾	*	***	**	**	**	***	***
Densidade (D)								
Linear	**	***	***	**	***	***	***	***
Quadrático	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*
Ép. x D.	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

¹⁾ Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna comparam as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²⁾ *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: não significativo de acordo com a ANOVA.

A densidade de semeadura afetou de modo linear a estatura em todos os estádios avaliados. A diferença de estatura entre a densidade de 150 e 450 mil plantas ha^{-1} é bastante acentuada no estádio V6, porém a diferença reduziu com o avanço dos estádios fenológicos. No estádio R5, o aumento da estatura na densidade de 150 para 450 mil plantas ha^{-1} foi, respectivamente, de 64,3 para 69,2 (aumentou 7,6%) para a safra 12/13 e de 65,5 para 75,0 (aumentou 14,5%) para a safra 13/14. De modo geral, as maiores densidades apresentaram maior estatura em todas as avaliações. Esses resultados corroboram com o resultado de outros autores (PELUZIO et al., 2010; SOUZA et al., 2010), mas não com o resultado de Cox e Cherney (2011), que trabalharam com populações maiores, 321 a 469 mil plantas ha^{-1} , e não encontraram efeito significativo na estatura com o aumento de densidade de semeadura, provavelmente devido ao potencial de estatura de planta da cultivar utilizada.

Dentro do intervalo de densidades avaliado, não houve problemas com acamamento nas duas safras, assim como foi observado por outros trabalhos que também avaliaram densidades (DE BRUIN e PEDERSEN, 2008; COX e CHERNEY, 2011). Uma hipótese é que esta característica tenha maior dependência do genótipo utilizado, e que o risco de acamamento não é inerente ao uso de maiores densidades dentro do intervalo de densidades de semeadura avaliado.

O IAF das plantas nos estádios V6, V9, R3 e R5 das safras 12/13 e 13/14 estão apresentados na Tabela 3. Com relação às épocas de semeadura, o IAF das plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro tende a ser similar, não havendo diferença nos estádios R3 da safra 12/13 e V6 e R3 da safra 13/14. Mesmo nos estádios em que o IAF entre as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro foram diferentes, como foi em V9 e R5 para ambas as safras, essa diferença foi menor em comparação com a diferença do IAF das plantas oriundas da semeadura de dezembro.

A densidade de semeadura afetou de modo linear o IAF em todos os estádios avaliados, de modo que, entre as densidades de 150 e 450 mil plantas por ha^{-1} , à medida que se aumentou a densidade, aumentou o IAF, assim como já fora observado por Heiffig et al. (2006).

Verificou-se também que com o avanço dos estádios de desenvolvimento, a diferença entre o IAF das plantas nas densidades de 150 e 450 mil plantas ha^{-1} diminuiu. Dessa forma, no estádio V6, o aumento do IAF na densidade de 150 para 450 mil plantas ha^{-1} foi, respectivamente, de 0,77 para 1,48 (aumentou 92,2%) para a safra 12/13 e de 0,55 para 1,33 (aumentou 141,8%) para a safra 13/14. Já no estádio R5, o aumento do IAF da densidade de 150 para 450 mil plantas ha^{-1} foi, respectivamente, de 4,86 para 5,90 (aumentou 21,4%) para a

safra 12/13 e de 4,47 para 5,27 (aumentou 17,9%) para a safra 13/14. Ou seja, com o avanço nos estádios de crescimento, o IAF das plantas oriundas da densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ reduziram a diferença em relação às plantas oriundas da densidade de 450 mil plantas ha⁻¹.

Constatou-se efeito de interação no IAF na safra 12/13 no estágio V9, sendo que neste estágio as plantas oriundas da semeadura de outubro não apresentaram diferença entre as densidades, já para as plantas oriundas da semeadura de novembro e dezembro, o IAF foi crescente da menor para a maior densidade de plantas. Também na safra 12/13 houve interação no estágio R5, sendo que para as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro o IAF não apresentou uma tendência clara entre as densidades, e na semeadura de dezembro o IAF não teve diferença entre as densidades.

Considerando os resultados das duas safras, verifica-se que as plantas oriundas da semeadura de dezembro apresentaram IAF menor em relação às plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro a partir do estágio V9.

Cox e Jolliff (1986) verificaram que o IAF da soja é reduzido pelo déficit hídrico. Isso pode explicar, em parte, o menor IAF constatado no tratamento semeado em novembro da safra 13/14 (5,18) no estágio R5 em relação ao mesmo tratamento da safra 12/13 (6,64), pois não houve precipitação durante os estádios R3-R5 das plantas oriundas da semeadura de novembro em 13/14 (Tabela 1).

Percebe-se que houve incremento no IAF até o último estágio avaliado. Alguns autores atribuem o estágio R5 como sendo o período em que as plantas de soja alcançam o IAF máximo (HEIFFIG et al., 2006), pois é geralmente neste estágio que a planta alcança o máximo crescimento vegetativo (EGLI, 2010).

Nas maiores densidades, o excesso de folhas promove um dossel mais fechado, o que cria um microclima com alta umidade e baixa circulação de ar, favorecendo a incidência de doenças (KNEBEL et al., 2006), necessitando um maior controle fitossanitário.

Tabela 3. Índice de área foliar (IAF) nos estádios V6, V9, R3 e R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.

Densidade de semeadura (mil pl. ha ⁻¹)	Safr 12/13				Safr 13/14			
	Época				Época			
	18/out	19/nov	19/dez	Média	23/out	22/nov	20/dez	Média
IAF estágio V6								
150	0,60	0,70	1,00	0,77	0,63	0,59	0,43	0,55
250	0,92	1,19	1,35	1,15	0,98	1,02	0,72	0,91
350	1,04	1,55	1,56	1,38	1,33	1,31	1,05	1,23
450	1,11	1,64	1,69	1,48	1,36	1,62	1,01	1,33
Média	0,92	1,27	1,40		1,08 a	1,13 a	0,80 b	
IAF estágio V9								
150	2,10 aA ¹⁾	2,11 aC	1,89 aB	2,04	1,47	1,90	1,30	1,56
250	2,87 abA	3,29 aB	2,07 bAB	2,75	1,98	2,29	1,76	2,01
350	2,75 bA	4,05 aB	2,81 bAB	3,20	2,42	2,76	1,89	2,36
450	2,97 bA	5,20 aA	3,02 bA	3,73	2,65	3,34	2,03	2,67
Média	2,67	3,66	2,45		2,13 b	2,57 a	1,75 c	
IAF estágio R3								
150	4,36	4,30	3,42	4,03	3,65	4,27	2,58	3,50
250	5,96	4,85	3,78	4,87	5,43	4,46	2,85	4,25
350	5,85	5,88	4,50	5,41	5,30	5,16	3,18	4,55
450	6,22	6,35	4,40	5,66	5,71	5,09	3,60	4,80
Média	5,60 a	5,35 a	4,02 b		5,02 a	4,74 a	3,05 b	
IAF estágio R5								
150	5,52 aAB	5,65 aB	3,41 bA	4,86	5,30	4,85	3,24	4,47
250	4,57 bB	6,98 aA	3,80 bA	5,12	7,19	4,53	3,77	5,16
350	5,41 abA	6,78 aAB	4,70 bA	5,63	6,19	5,37	3,79	5,12
450	6,23 aA	7,16 aA	4,32 bA	5,90	5,83	5,97	4,01	5,27
Média	5,43	6,64	4,06		6,13 a	5,18 b	3,70 c	
Significância (p)	V6	V9	R3	R5	V6	V9	R3	R5
Época (Ép)	ns ²⁾	**	**	**	**	**	**	***
Densidade (D)								
Linear	***	***	***	***	***	***	***	*
Quadrático	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Ép. x D.	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns

¹⁾ Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna comparam as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²⁾ *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: não significativo de acordo com a ANOVA.

Os dados de AFe estão apresentados na Tabela 4. Verificou-se efeito da época de semeadura em todas as avaliações. No estádio R3, para a safra 12/13 as plantas oriundas da semeadura de outubro apresentaram maior AFe em relação às plantas oriundas da semeadura de dezembro, já na safra 13/14 houve efeito semelhante, porém com interação, sendo que as plantas oriundas da semeadura de outubro não diferiram entre as densidades, em novembro as plantas na densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ apresentaram maior AFe que a densidade de 450 mil plantas ha⁻¹ e em dezembro não houve diferença entre densidades.

No estádio R5 para a safra 12/13, as plantas oriundas da semeadura de outubro apresentaram AFe menor que as de novembro, e ambas apresentaram AFe superior as plantas oriundas da semeadura de dezembro. Essa redução da AFe das plantas oriundas da semeadura de outubro em R5 possivelmente está relacionado a um período de estiagem que também afetou as plantas oriundas da semeadura de novembro na avaliação do estádio R3 nesta safra.

No estádio R5 da safra 13/14, as plantas oriundas da semeadura de outubro apresentaram maior AFe em relação às plantas oriundas da semeadura de novembro, que por sua vez apresentaram AFe superior às plantas oriundas da semeadura de dezembro. Nesta safra, a menor AFe das plantas oriundas da semeadura de novembro em relação às oriundas da semeadura de outubro também pode estar relacionada ao déficit hídrico, pois houve pouca precipitação, cerca de 20 mm, quando as oriundas da semeadura de novembro estavam entre os estádios R1-R5 (Tabela 1).

De modo geral, verificou-se que as plantas oriundas da semeadura de dezembro apresentaram uma menor AFe durante o período reprodutivo, o que significa que suas folhas ficaram mais espessas em relação às plantas semeadas nas outras épocas.

A densidade de semeadura demonstrou não ter efeito sobre a AFe, com exceção do estádio R3 da safra 13/14 na semeadura de novembro. Verificou-se que o IAF apresenta relação positiva com a AFe (Figura 4a e 4b) isso evidencia que o aumento da área foliar está relacionado com a expansão foliar. Como a expansão foliar é regulada por hormônios vegetais, em especial a giberelina (TAIZ e ZEIGER, 2013), esses resultados evidenciam que as diferentes condições ambientais entre as épocas de semeadura interferem no balanço hormonal da planta. Isso explica em parte o menor IAF das oriundas da semeadura de dezembro, em que sua AFe foi também menor, conseqüentemente, isso demonstra que estas plantas tiveram uma menor expansão foliar.

Tabela 4. Área foliar específica (AFe) nos estádios R3 e R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.

Densidade de semeadura (mil pl. ha ⁻¹)	Safrá 2012/13				Safrá 2013/14			
	Época				Época			
	18/out	19/nov	19/dez	Média	23/out	22/nov	20/dez	Média
AFe (cm ² g ⁻¹) - Estádio R3								
150	302	246	248	265	280 aA	270 aA	227 bA	259
250	294	252	236	261	297 aA	243 bAB	233 bA	258
350	279	249	225	251	296 aA	243 bAB	231 bA	257
450	277	265	239	260	300 aA	231 bB	229 bA	253
Média	288 a ¹⁾	253 ab	237 b		293	247	230	
AFe (cm ² g ⁻¹) - Estádio R5								
150	205	257	199	220	264	256	224	248
250	215	280	206	234	283	252	228	254
350	211	247	204	220	259	249	224	244
450	237	248	199	228	250	252	231	244
Média	217 b	258 a	202 c		264 a	252 b	227 c	
Significância (p)	AFe R3	AFe R5			AFe R3	AFe R5		
Época (Ép)	* ²⁾	***			***	***		
Densidade (D)								
Linear	ns	ns			ns	ns		
Quadrático	ns	ns			ns	ns		
Ép. x D.	ns	ns			*	ns		

¹⁾ Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna comparam as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²⁾ *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: não significativo de acordo com a ANOVA.

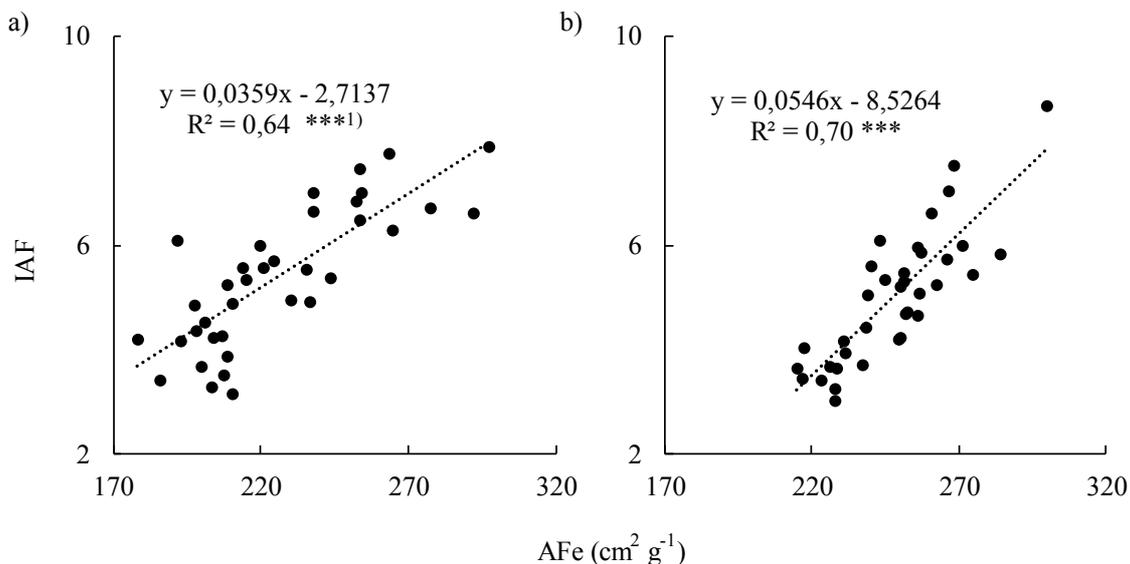


Figura 3. Relação entre IAF e AFe no estágio R5 para as safras 2012/13 (a) e 2013/14 (b) de plantas de soja cultivadas em três épocas e em quatro densidades em Guarapuava, PR. ¹)***: $p < 0,001$

Os dados de absorção de RFA das safras 12/13 e 13/14 estão apresentados na Tabela 5, sendo que na safra 12/13 foi avaliado apenas o estágio R3 e na safra 13/14 foram avaliados os estádios V6, R3 e R5. Com relação ao estágio V6 da safra 13/14, verificou-se que as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro não diferiram entre si, e apresentaram mais que o dobro de absorção da RFA que as oriundas da semeadura de dezembro.

No estágio R3 da safra 12/13 não se constatou efeito de época de semeadura para absorção de RFA. Já na safra 13/14 quando as plantas estavam no estágio R3 houve interação na absorção de RFA, sendo que nas plantas oriundas da semeadura de outubro e de novembro as densidades não diferiram entre si e em dezembro a densidade de 450 mil plantas ha^{-1} teve maior absorção de RFA que a densidade de 250 mil plantas ha^{-1} , que por sua vez foi superior à densidade de 150 mil plantas ha^{-1} . Essa diferença de comportamento na semeadura de dezembro está relacionada ao menor porte das plantas, sendo que as maiores densidades de plantas foram capazes de absorver mais luz em relação às demais.

No estágio R5 da safra 13/14 as plantas oriundas da semeadura de outubro apresentaram maior absorção de RFA em relação às plantas oriundas da semeadura de novembro e dezembro. Apesar da diferença estatística entre épocas, ela é de pouca magnitude nos estádios R3 e R5. Esses dados corroboram com os dados de Calviño et al. (2003), que relataram que a absorção após o estágio R3 é próxima a 100% e que plantas oriundas de semeaduras tardias tendem a apresentar menor interceptação da RFA em relação a plantas oriundas de semeaduras anteriores.

Tabela 5. Absorção de radiação fotossinteticamente ativa (RFA, %) no estágio R3 para a safra 2012/13 e nos estádios V6, R3 e R5 para a safra 2013/14 de plantas de soja cultivadas em três épocas e em quatro densidades em Guarapuava, PR.

Densidade de semeadura (mil pl. ha ⁻¹)	Safra 12/13				Safra 13/14			
	Época				Época			
	18/out	19/nov	19/dez	Média	23/out	22/nov	20/dez	Média
	R3				R3			
150	88,1	95,3	91,4	91,6	99,1 aA ¹⁾	98,0 aA	91,4 bC	96,1
250	92,4	97,5	94,2	94,7	99,9 aA	99,5 aA	94,7 bB	98,0
350	94,4	97,4	96,6	96,1	99,9 aA	99,2 aA	95,9 bAB	98,4
450	96,6	97,5	96,7	97,0	99,9 aA	99,2 aA	98,3 aA	99,1
Média	92,9	96,9	94,7		99,7	99,0	95,1	
	Safra 13/14				Safra 13/14			
	Época				Época			
	23/out	22/nov	20/dez	Média	23/out	22/nov	20/dez	Média
	V6				R5			
150	54,1	71,4	21,4	48,9	99,6	98,4	97,6	98,6
250	80,1	83,4	28,8	64,1	99,5	99,4	98,7	99,2
350	88,0	88,7	30,9	69,2	99,8	99,2	98,9	99,3
450	86,9	87,1	38,6	70,9	99,6	99,0	99,5	99,4
Média	77,3 a ¹⁾	82,7 a	29,9 b		99,6 a	99,0 b	98,7 b	
	Safra 12/13				Safra 13/14			
Significância (p)	R3				V6	R3	R5	
Época (Ép)	ns ²⁾				***	**	**	
Densidade (D)								
Linear	***				***	***	**	
Quadrático	*				*	ns	ns	
Ép. x D.	ns				ns	**	ns	

¹⁾ Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna comparam as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²⁾ *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: não significativo de acordo com a ANOVA.

Com relação à época de semeadura percebe-se que a maior diferença entre os tratamentos ocorreu no período vegetativo (V6), sendo que as plantas oriundas da semeadura de dezembro absorveram menos da metade da RFA em relação às plantas semeadas nas épocas antecessoras.

A absorção de RFA aumentou de modo linear com o aumento da densidade de sementeira em todos os estádios avaliados. No estádio V6, para a densidade de 150 e de 450 mil plantas ha^{-1} , a absorção de RFA foi de 48,9% e 70,9%, respectivamente. Já no estádio R5, a absorção de RFA foi de 98,6% e 99,4%, respectivamente, para a densidade de 150 e de 450 mil plantas ha^{-1} .

Quanto mais rápido a planta alcança a máxima absorção da luz, mais precoce será a otimização da utilização do seu aparato fotossintético. Assim, verificou-se que sementeiras mais adensadas promovem um aproveitamento mais intenso da luz desde o crescimento vegetativo das plantas de soja, concordando com as afirmações de Wells (1991).

A maior absorção de luz está relacionada ao fechamento do dossel, assim enquanto as plantas não tiverem um dossel fechado, haverá luz disponível para desenvolvimento de plantas daninhas. Ou seja, as plantas dispostas em menores densidades estão mais sujeitas à competição com plantas daninhas, principalmente nos estádios vegetativos (WIATRAK e CHEN, 2011).

Segundo Wells (1991), a interceptação de luz tem uma resposta curvilínea com o IAF até o fechamento do dossel. Após o fechamento do dossel, que ocorre, geralmente, em meados do período reprodutivos, há uma estabilidade na absorção da RFA.

A Tabela 6 apresenta, para a safra 13/14, o número de flores no estádio R3 e a porcentagem de fixação de flores de R3 a R8. O efeito da interação para o número de flores e vagens não seguiu um padrão definido, porém as plantas oriundas da sementeira de dezembro produziram maior número de flores e vagens nas maiores densidades de sementeira (350 e 450 mil plantas ha^{-1}) quando comparada às menores densidades de sementeira (150 e 250 mil plantas ha^{-1}).

Com relação à fixação de flor entre os estádios R3 a R8, também houve interação entre épocas e densidades de sementeira, sendo que as plantas oriundas da sementeira de outubro tiveram maior fixação de vagens na densidade de 150 mil plantas ha^{-1} , em novembro não houve diferença entre as densidades e em dezembro, as plantas oriundas da densidade de sementeira de 150 mil plantas ha^{-1} também apresentaram maior fixação de vagens em relação às demais densidades.

A fixação de vagens é reduzida quando a comunidade de plantas passa por déficit hídrico e estresse térmico no período compreendido entre os estádios R1 e R5 (EGLI, 2010). De modo geral, as plantas dispostas em menores densidades produziram um menor número de flores, porém apresentaram uma maior fixação de vagens.

Tabela 6. Número de flores e porcentagem de fixação de vagens no estádio R3 de plantas de soja cultivadas em três épocas e quatro densidades na safra 2013/14, em Guarapuava, PR.

2013/14				
Densidade de semeadura (mil plantas ha ⁻¹)	Época			Média
	23/out	22/nov	20/dez	
Flores e vagens R3 (m ²)				
150	1403 bB ¹⁾	1849 aAB	1263 bB	1505
250	2065 aA	1783 aB	1677 aAB	1842
350	2077 abA	2231 aA	1740 bA	2016
450	2420 aA	2095 abAB	1877 bA	2131
Média	1991	1990	1639	
Fixação de vagens R3-R8 (%)				
150	82,0 aA	49,4 bA	76,4 aA	69,2
250	57,0 aB	60,2 aA	54,0 aB	57,1
350	61,6 aB	49,7 aA	52,8 aB	54,7
450	49,9 aB	54,4 aA	51,9 aB	52,1
Média	62,6	53,4	58,8	
Significância (p)	Flores e vagens R3		Fixação R3-R8	
Época (Ép)	* ²⁾		ns	
Densidade (D)				
Linear	***		***	
Quadrático	ns		ns	
Ép. x D.	*		**	

¹⁾ Letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna comparam as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²⁾ *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: não significativo de acordo com a ANOVA.

Nas plantas oriundas da semeadura de dezembro, a menor estatura da planta, juntamente com o menor IAF, propiciam um dossel mais compacto, limitando a distribuição das folhas e o acesso a luz. Alguns trabalhos apresentam evidências de que a estatura de plantas esteja relacionada com a produtividade (PELUZIO et al., 2006; DE BRUIN e PEDERSEN, 2008; PELUZIO et al., 2010). Os dados obtidos neste trabalho também evidenciam que existe relação direta entre o aumento da estatura de plantas e o aumento da produtividade (Figura 3a). A relação positiva entre estatura de plantas e a produtividade sugere que a maior estatura de plantas proporcionou uma melhor distribuição das folhas o que, conseqüentemente, favoreceu a maior formação de fotoassimilados, que por fim aumentou a produtividade.

Cober e Morrison (2010), avaliando 20 genótipos de soja, encontraram alta dependência entre estatura e produtividade e verificaram que este efeito é mais pronunciado

em genótipos com hábito de crescimento indeterminado, porque os genótipos de hábito de crescimento determinado apresentam período de crescimento vegetativo reduzido em relação aos indeterminados e, conseqüentemente, menor porte de planta em relação aos indeterminados com período de maturação equivalente.

A cultivar utilizada, BMX Energia é de porte médio e grupo de maturação 5.3 (BRASMAX, 2014). As máximas estaturas de plantas obtidas neste experimento foram em torno de 85 cm e, como não se constatou acamamento de plantas, isto pode ter favorecido a alta relação da estatura com a produtividade. Caso fosse utilizado cultivar que resultasse em maior estatura de planta, e/ou suscetível a acamamento, a relação com a produtividade poderia ser diferente.

Verificou-se também que a estatura de plantas apresentou uma alta relação com o IAF para as duas safras (Figura 3b). A relação da estatura de plantas com o IAF evidencia que a estatura está relacionada a uma melhor distribuição das folhas e uma melhor interceptação de luz no dossel, o que pode explicar a alta relação do IAF com a produtividade relativa (Figura 3c). Verifica-se que, nas condições deste estudo, essas características foram importantes para o incremento da produtividade.

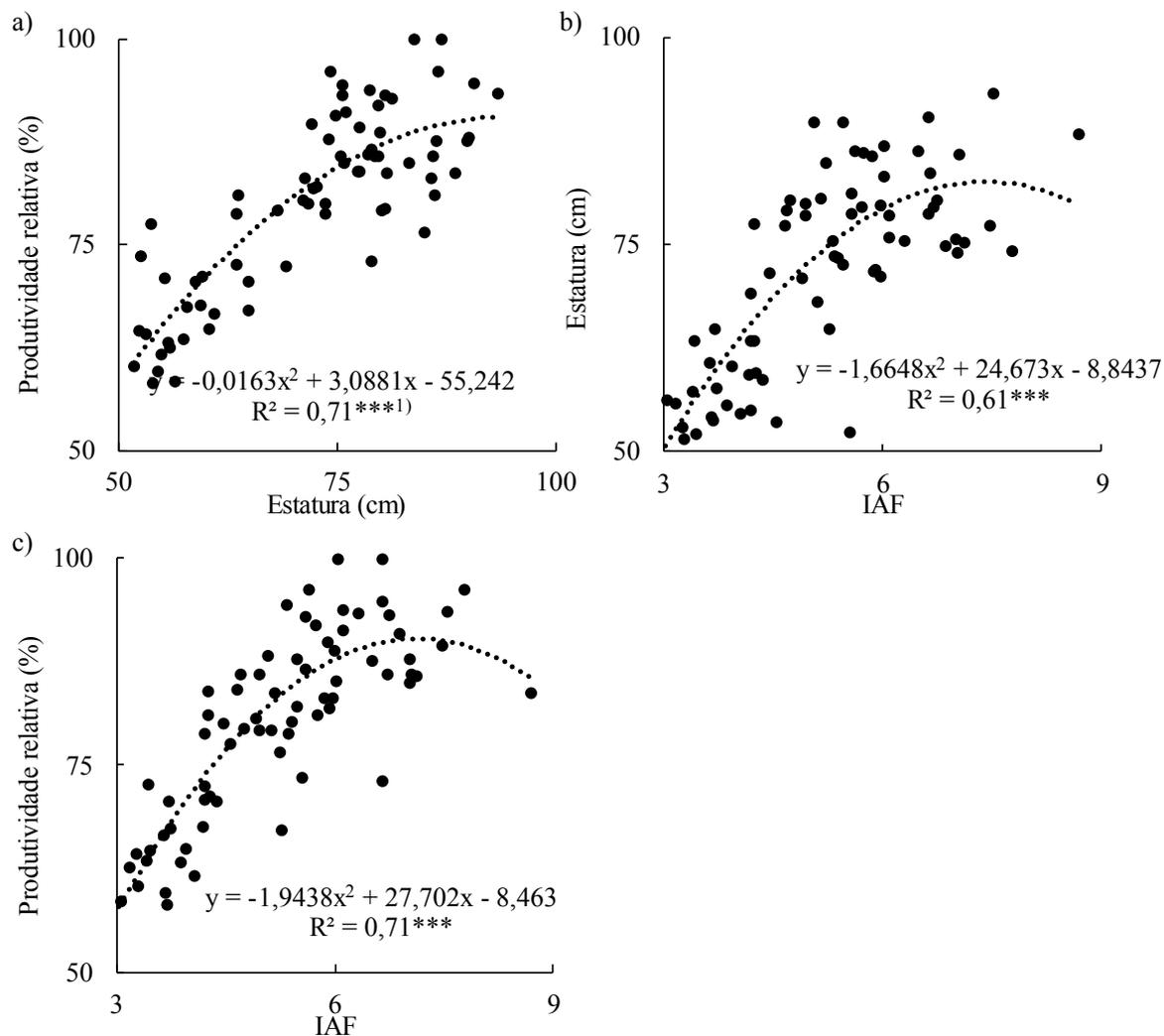


Figura 4. Relação entre produtividade relativa e estatura de plantas no estágio R5 (a), entre estatura de plantas e IAF do estágio R5 (b) e entre produtividade relativa e IAF do estágio R5 de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.

1) *** : $p < 0,001$.

4.4 Conclusões

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, pode-se concluir que:

1. As plantas oriundas da semeadura de dezembro apresentaram estatura, IAF, absorção de RFA e ciclo de desenvolvimento menores em relação às épocas de semeadura anteriores, além de menor produção de flores, principalmente nas menores densidades.
2. A estatura de plantas e o IAF aumentaram linearmente com o aumento da densidade de semeadura.
3. Para a cultivar utilizada, a produtividade relativa apresentou alta dependência em relação a estatura de plantas e o IAF.

4.5 Referências bibliográficas

ABRÀMOFF, M.D.; MAGALHÃES, P.J.; RAM, S.J. Image processing with ImageJ. **Biophotonics International**. v. 11, p. 36-42, 2004.

BRACCINI, A.L.; MOTTA, I.S.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, M.C.L.; ÁVILA, M.R.; MESCHEDE, D.K. Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. **Bragantia**. v. 63, p. 81-92, 2004.

BRASMAX. **SOJA – Producto – BMX Energia RR**. Disponível em: <<http://brasmaxgenetica.com.br/producto.php?id=10&r=S>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

CALVIÑO, P.A.; SADRAS, V.O.; ANDRADE, F.H. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. **European Journal of Agronomy**. v. 19, p. 265-275, 2003.

COBER, E.R.; MORRISON, M.J. Regulation of seed yield and agronomic characters by photoperiod sensitivity and growth habit genes in soybean. **Theoretical and applied genetics**. v. 120, p. 1005-1012, 2010.

COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Growth and Yield Responses of Soybean to Row Spacing and Seeding Rate. **Agronomy Journal**. v. 103, p. 123-128, 2011.

COX, W.J.; JOLLIFF, G.D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**. v. 78, p. 226-230, 1986.

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

DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Effect of Row Spacing and Seeding Rate on Soybean Yield. **Agronomy Journal**. v. 100, p. 704-710, 2008.

EGLI, D.B. Soybean Yield Physiology: Principles and Processes of Yield Production. In: SINGH, Guriqbal (Ed.). **The soybean: botany, production and uses**. Ludhiana: CABI, 2010. p. 113-141.

- EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja: Região central do Brasil 2012 e 2013**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261p.
- FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja (Embrapa Soja. Circular técnica, 48)**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 9p.
- FATICHIN; ZHENG, S.H.; NARASAKI, K.; ARIMA, S. Genotypic adaptation of soybean to late sowing in southwestern Japan. **Plant Production Science**. v. 16, p. 123-130, 2013.
- HEIFFIG, L.S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais**. 2002. 85p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**. v. 65, p. 285-295, 2006.
- KNEBEL, J.L.; GUIMARÃES, V.F.; ANDREOTTI, M.; STANGARLIN, J.R. Influência do espaçamento e população de plantas sobre doenças de final de ciclo e oídio e caracteres agrônômicos em soja. **Acta Scientiarum**. v. 28, n. 3, p. 385-392, 2006.
- PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Response of soybean yield components to management system and planting date. **Agronomy Journal**. v. 96, p. 1372-1381, 2004.
- PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; JUNIOR, D.A.; SILVA BARBOSA, V.; RICHTER, L.H.M.; SILVA, R.R.; AFFERRI, F.S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**. v. 22, p. 69-74, 2006.
- PELUZIO, J.M.; VAZ-DE-MELO, A.; COLOMBO G.A.; SILVA, R.R.; AFFÉRI, F.S.; PIRES, L.P.M.; BARROS, H.B. Efeito da época e densidade de semeadura na produtividade de grãos de soja na Região Centro-Sul do estado do Tocantins. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 3, p. 145-153, 2010.
- SIMEPAR – Instituto Tecnológico Simepar. **Boletim personalizado**. Disponível em: <<http://www.simepar.br>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

SINCLAIR, T.R.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L. Comparison of vegetative development in soybean cultivars for low-latitude environments. **Field Crops Research**. v. 92, p. 53-59, 2005.

SOUZA, C.A.; GAVA, F.; CASA, R.T.; BOLZAN, J.M.; KUHNEM JUNIOR, P.R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready™. **Planta Daninha**. v. 28, p. 887-896, 2010.

STÜLP, M.; BRACCINI, A.L.; ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M.R.; SCAPIM, C.A.; SCHUSTER, I. Desempenho agrônômico de três cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura em duas safras. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 33, p. 1240-1248, 2009.

WELLS, R. Soybean growth response to plant density: Relationships among canopy photosynthesis, leaf area, and light interception. **Crop Science**. v. 31, p. 755-761, 1991.

WIATRAK, P.; CHEN, G. Influence of seeding rate on weed density in soybean planting system for southeastern Coastal Plains. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**. v. 6, p. 180-184, 2011.

YANG, F.; HUANG, S.; GAO, R.; LIU, W.; YONG, T.; WANG, X.; WU, X.; YANG, W. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red:far-red ratio. **Field Crops Research**. v. 155, p. 245-253, 2014.

5. CAPÍTULO II – PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE PLANTAS DE SOJA CULTIVADAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E DENSIDADES

RESUMO

O manejo de época de semeadura na cultura da soja pode causar grande impacto na produtividade e a densidade de semeadura adequada pode otimizar o aproveitamento do ambiente. Este estudo teve como objetivo avaliar a produtividade e os componentes produtivos em plantas de soja semeadas em três épocas (meados de outubro, novembro e dezembro), quatro densidades (150; 250; 350 e 450 mil plantas ha⁻¹) e duas safras (2012/13 e 2013/14), no Centro-Sul do Estado do Paraná. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições em um arranjo de parcelas subdivididas, sendo que a época de semeadura foi alocada nas parcelas e a densidade de semeadura nas subparcelas. No estádio R8 foram avaliados a taxa de mortalidade de plantas, o número de vagens por planta, vagens por área, grãos por vagem, grãos por área, massa de cem grãos e produtividade. A semeadura realizada em dezembro (tardia) apresentou menor produtividade nas duas safras, sendo que na safra 2012/13 o componente massa de cem grãos teve maior relação com a produtividade, enquanto que na safra 2013/14 o componente grãos por área teve maior relação. O aumento da densidade de semeadura aumentou a produtividade de modo linear nas duas safras, e seu efeito foi sobre o número de grãos por área. Houve interação na produtividade entre épocas e densidades de semeadura na safra 2012/13, sendo que as plantas oriundas da semeadura de outubro não diferiram entre as densidades, nas plantas oriundas da semeadura de novembro a densidade de 350 mil plantas ha⁻¹ foram mais produtivas que a densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ e nas plantas oriundas da semeadura em dezembro o aumento da densidade aumentou a produtividade. Maiores densidades na semeadura de dezembro (tardia) podem proporcionar maior rendimento ao produtor quando a cotação do mercado for favorável.

Palavras-chave: *Glycine max*, arranjos populacionais, população de plantas, taxa de semeadura.

CHAPTER II - GRAIN YIELD OF SOYBEAN PLANTS CULTIVATED IN DIFFERENT SOWING TIMES AND SEEDING RATES

ABSTRACT

The management of sowing date on soybean can cause great impact on yield and the appropriate seeding rate allows to optimize the use of the environment. This study assessed yield and its components of soybean plants sowed in three sowing times (the middle of October, November and December), four seeding rates (150, 250, 350 and 450 thousand plants ha⁻¹) and two seasons (2012/13 and 2013/14), in the center-south of Parana State. The experimental design was a randomized block with three replications in a split-plot arrangement, with the sowing date allocated as main plots and seeding rate as subplots. At the R8 stage the mortality rate of plants, the number of pods per plant, pods per area, grains per pod, grains per area, hundred grain mass and yield were evaluated. December sowing (late) had lower yield in two seasons, and in the season 2012/13 the hundred grains mass had greater relationship with yield while in the season 2013/14 the number of grains per area had higher relationship with yield. The increase of seeding rate increased yield linearly in two seasons, and its effect was on the yield component number of grains per area. There was an interaction in yield between sowing times and seeding rates in 2012/13 season. The plants from the October sowing did not differ among the seeding rates, the plants from the November sowing at seeding rate of 350 thousand plants ha⁻¹ were more productive than at the seeding rate of 150 thousand plants ha⁻¹ and in the plants from seeding in December the increase of seeding rate increased yield. Higher seeding rates in December (late) can provide higher income to the growers when the market price is favorable.

Keywords: *Glycine max*, plant arrangements, plant population, seeding rate.

5.1 Introdução

A demanda por alimentos aumenta ano a ano, e uma forma de aumentar a produção é através da otimização da produtividade nas áreas agrícolas. A soja é uma commodity de grande importância para a economia brasileira. Na safra 2012/13 o Brasil produziu 81,5 milhões de Mg de grãos (CONAB, 2014) e nos últimos anos tem sido um dos maiores produtores mundiais. Desde que a soja se tornou uma cultura importante, já houve um grande avanço nas médias de produtividade e esse aumento se deve ao melhoramento genético e ao desenvolvimento de práticas de manejo mais produtivas, como exemplo ajuste no espaçamento (EGLI, 2008).

Existe uma grande defasagem entre as médias de produtividade de soja do Brasil e das diversas regiões produtoras com relação a produtividades máximas obtidas em concursos de produtividade, demonstrando que existe um grande potencial de incremento na produção a ser explorado. Ainda não se tem um registro claro do potencial máximo de produtividade da soja, e acredita-se que ele possa mais que dobrar os patamares atuais da média dos Estados Unidos (EGLI, 2010), que é semelhante à média do Brasil, sendo de 2,66 e 2,64 Mg ha⁻¹ respectivamente, na safra de 2012 (FAO, 2014).

A escolha da época de semeadura pode ter grande impacto no potencial de produtividade, sendo um manejo de grande importância, pois determina as condições ambientais em que a cultura estará inserida. Através da escolha da época de semeadura pode-se evitar períodos desfavoráveis, como períodos sujeitos ao déficit hídrico ou temperaturas inadequadas, que influenciam no desenvolvimento da cultura da soja (RODRIGUES et al., 2001). Muitas vezes, devido ao sistema de sucessão de culturas, os produtores acabam tendo que optar por semeaduras tardias, quando já se passou o período ideal. Isso é o que ocorre na região Centro-Sul do Estado do Paraná, onde existem muitos produtores de cereais de inverno, que geralmente tem suas áreas disponíveis para a cultura de verão em períodos mais tardios dentro do zoneamento agrícola (PIEROZAN JUNIOR, 2012). Também existem áreas na região de Guarapuava onde não se realizam cultivos de cereais de inverno, desta forma, evidencia-se um longo período de semeadura de soja na região.

Vários trabalhos relatam que plantas de soja semeadas em períodos tardios apresentam redução na produtividade, no Brasil (PELUZIO et al., 2006; LUDWIG et al., 2007; PELUZIO et al., 2010; MEOTTI et al., 2012; PIEROZAN JUNIOR, 2012) e no exterior (POPP et al., 2002; CALVIÑO et al., 2003; DE BRUIN e PEDERSEN, 2008a; FATICHIN, et al., 2013). A variação na produtividade da soja entre diferentes épocas de semeadura é, em grande parte,

atribuída às condições ambientais, havendo relatos de que o ambiente seja responsável por 61-77% desta variação (ASFAW et al., 2009; MEOTTI et al., 2012).

Os componentes produtivos que influenciam na redução de produtividade em semeaduras tardias são a massa de grãos (CALVIÑO et al., 2003; LUDWIG et al., 2007; PELUZIO et al., 2010; MEOTTI et al., 2012; PIEROZAN JUNIOR, 2012;), o número de grãos (CALVIÑO et al., 2003; DE BRUIN e PEDERSEN, 2008a; FATICHIN et al., 2013), a estatura de planta (PELUZIO et al., 2006; MEOTTI et al., 2012), o número de vagem planta⁻¹ (LUDWIG et al., 2007; MEOTTI et al., 2012), o número de ramificações (MEOTTI et al., 2012) e o número de grãos vagem⁻¹ (LUDWIG et al., 2007).

O ajuste do arranjo das plantas pode otimizar a produtividade através da maximização da atividade fotossintética (EGLI, 2010) e do melhor aproveitamento do ambiente, e isso pode ser realizado através do manejo da densidade de semeadura (DE BRUIN e PEDERSEN, 2008a). Assim como a época de semeadura, a densidade pode interferir no porte da planta, no número de ramificações e em componentes de produtividade, além disso, o manejo da densidade de semeadura pode proporcionar ganhos em produtividade dependendo do ambiente (COX e CHERNEY, 2011).

O comportamento dos componentes produtivos da cultura da soja submetida a diferentes condições ambientais precisa ser melhor compreendido (PEDERSEN e LAUER, 2004; FATICHIN et al., 2013). Conhecer quais são as características limitantes da produtividade em determinados ambientes pode auxiliar na seleção de cultivares e em programas de melhoramento objetivando cultivares mais adaptadas e produtivas.

Atualmente há poucos dados de pesquisa publicados sobre a interação entre épocas e densidades de semeadura de soja para a Região Centro-Sul do Paraná. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo de plantas de soja e seus principais componentes, semeadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava-PR.

5.2 Materiais e métodos

O local do experimento, bem como os tratamentos, os manejos fitossanitários, o delineamento experimental, a análise estatística e a fonte dos dados climáticos estão descritos no Capítulo I. Para as análises foram coletadas todas as plantas presentes em 4 m das duas linhas centrais de cada subparcela no estádio R8. Foram avaliadas: taxa de mortalidade de plantas, que representa o percentual de plantas que não sobreviveram entre o desbaste e a maturação fisiológica; vagens por planta; vagens por área (m²); grãos por vagem; grãos por

área (m^2); massa de cem grãos (MCG) (g) e produtividade (Mg ha^{-1}). A MCG e a produtividade foram padronizadas a 13% de umidade.

Os dados climáticos de precipitação, fotoperíodo e temperatura média (Figura 2) foram obtidos de uma estação meteorológica permanente que fica a cerca de 50 m do local do estudo. As médias históricas foram fornecidas pelo Instituto Tecnológico Simepar (SIMEPAR).

5.3 Resultados e discussão

As condições de precipitação, radiação solar e temperatura variaram nas duas safras em relação à média histórica, no entanto, a safra 12/13 foi a mais discrepante em relação a média do período de 1998 a 2011 (Figura 5). A precipitação (Figura 5a) teve comportamento diferente entre as duas safras, sendo que na safra 12/13 a precipitação foi 21% acima da média histórica durante o período de cultivo, enquanto que na safra 13/14 foi 12% superior.

Para a safra 12/13, houve 17 dias de estiagem em janeiro e dois períodos com 7 dias de estiagem em março, porém os meses de fevereiro e março tiveram mais de 130 mm de precipitação acima da média histórica. Na safra 13/14 houve 12 dias de estiagem em dezembro, 7 dias de estiagem em janeiro, 10 dias de estiagem em fevereiro e 7 dias de estiagem em março, porém em março também choveu 100 mm acima da média histórica.

A radiação solar (Figura 5b) esteve acima da média para as duas safras, sendo no somatório do período do experimento 9% acima da média na safra 12/13 e 10% acima da média na safra 13/14, porém a distribuição da radiação foi diferente. Para a safra 12/13 houve maior incidência de radiação solar durante os meses de março e abril, enquanto que para a safra 13/14 houve maior incidência de radiação solar nos meses de outubro e dezembro.

As temperaturas médias (Figura 5c) diferiram entre as safras e também da média histórica. Na safra 12/13 a variação mais discrepante da temperatura média mensal em relação à média histórica oscilou entre +13% (dezembro) e -4% (março) entre o período do experimento. Já na safra 13/14 a variação mais discrepante da temperatura média mensal em relação à média histórica oscilou entre +5% (dezembro) e -2% (março).

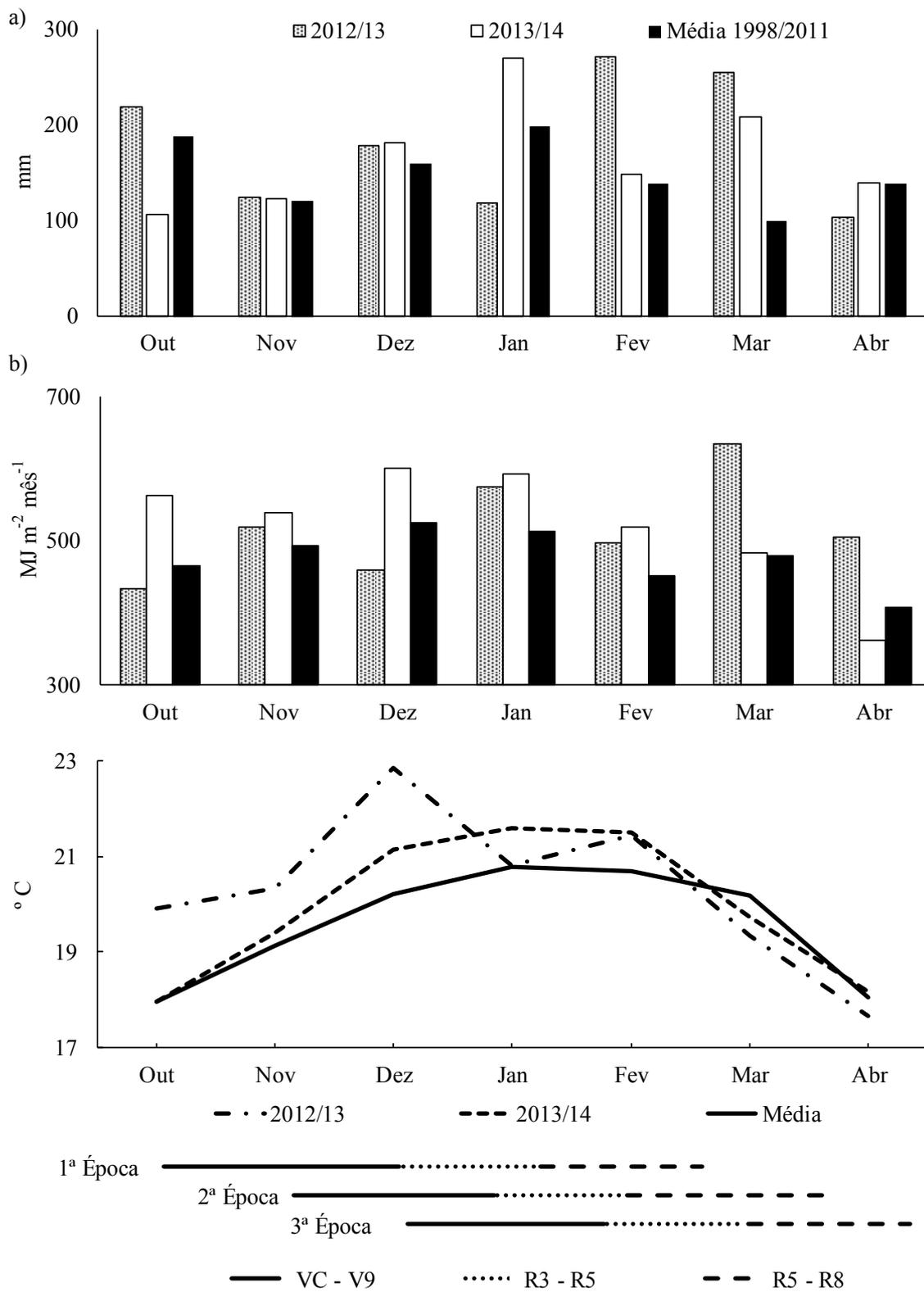


Figura 5. Comparação entre os dados climáticos das safras 2012/13 e 2013/14 e da média compreendendo o período de 1998 – 2011 em Guarapuava, PR: a) precipitação, b) radiação solar e c) temperatura.

1) Representação em escala aproximada dos períodos de crescimento VC-V9; R3-R5 e R5-R8 para a 1ª, 2ª e 3ª épocas de semeadura. FONTE: SIMEPAR (2014).

As diferenças entre épocas e densidades de semeadura para a taxa de mortalidade de plantas, o número de vagens por planta, número de vagens por área e número de grãos por vagem são apresentados na Tabela 7.

Com relação à taxa de mortalidade de plantas, observou-se efeito de interação na safra 12/13, porém todas as interações seguiram a mesma tendência, sendo que a mortalidade não diferiu entre épocas e aumentou com o incremento da densidade de semeadura. Com relação à safra 13/14, a taxa de mortalidade não foi significativa em nenhum dos tratamentos. Para as duas safras a época de semeadura não teve efeito para a taxa de mortalidade, corroborando com os dados verificados por De Bruin e Pedersen (2008a), que avaliaram diferentes épocas de semeadura no estado de Iowa (EUA) e não encontraram diferença no estabelecimento de plantas nas diferentes épocas. Isso evidencia, nas condições avaliadas, que as épocas de semeadura não diferem entre si na taxa de mortalidade.

O número de vagens por planta teve comportamento diferente entre as safras com relação às épocas de semeadura, sendo que na safra 12/13 não houve efeito, no entanto, para a safra 13/14 houve diferença entre os tratamentos, sendo que na semeadura de outubro as plantas tiveram maior número de vagens por planta que nas demais épocas. Isso pode estar associado a um período de estiagem de 17 dias que englobou o início do florescimento das plantas oriundas da semeadura de novembro e dezembro.

Com relação às densidades, o número de vagens por planta reduziu linearmente com o aumento da densidade de semeadura, sendo que para a densidade de 150 para 450 mil plantas ha^{-1} , reduziu de 71,6 para 29,2 (reduziu 59%) para a safra 12/13 e de 66,6 para 26,5 (reduziu 60%) para a safra 13/14. Da densidade de 150 para 450 mil plantas ha^{-1} , há um aumento de 300% no número de plantas, verifica-se que para o número de vagens por planta, as menores densidades compensam parcialmente a diferença no número de plantas. Esses dados corroboram com os dados de Peixoto et al. (2000) e Souza et al. (2010), que também observaram o aumento do número de vagens por planta em densidades menores, utilizando diferentes cultivares, porém a magnitude de resposta (plasticidade) depende do potencial da cultivar.

Tabela 7. Taxa de mortalidade de plantas (%), vagens por planta, número de vagens por área (m²) e número de grãos por vagem de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.

Densidade de semeadura (mil pl. ha ⁻¹)	2012/13				2013/14			
	Época				Época			
	18/out	19/nov	19/dez	Média	23/out	22/nov	20/dez	Média
Taxa de mortalidade (%)								
150	0,0 aB ¹⁾	0,0 aB	0,0 aB	0,0	1,4	5,6	2,8	3,2
250	5,0 aB	8,3 aAB	4,2 aB	5,8	6,7	2,5	0,8	3,3
350	6,0 aAB	7,7 aAB	6,5 aAB	6,7	3,0	6,0	0,0	3,0
450	14,4 aA	16,7 aA	13,9 aA	15,0	9,7	5,1	8,3	7,7
Média	6,3	8,2	6,2		5,2	4,8	3,0	
Vagens planta ⁻¹								
150	73,4 a	71,1 a	61,6 b	68,7	74,5	63,0	62,2	66,6
250	43,1 b	48,5 a	44,7 ab	45,4	50,3	43,2	35,5	43,0
350	31,4 b	36,6 a	35,8 ab	34,6	37,3	33,0	25,8	32,0
450	26,5 b	29,2 ab	32,0 a	29,3	29,7	26,1	23,6	26,5
Média	43,6	46,4	43,5		48,0 a	41,3 b	36,8 b	
Vagens m ⁻²								
150	1162 aA	1111 aA	1066 aB	1113	1148	912	929	996
250	1042 aA	1122 aA	1088 aAB	1084	1175	1062	895	1044
350	1094 aA	1137 aA	1148 aAB	1126	1272	1108	915	1098
450	1103 abA	1042 bA	1201 aA	1115	1208	1116	972	1099
Média	1100	1103	1126		1201 a	1049 b	928 c	
Grãos vagem ⁻¹								
150	2,35	2,23	2,01	2,20	2,18	2,53	2,40	2,37
250	2,42	2,36	2,22	2,33	2,23	2,51	2,50	2,41
350	2,50	2,39	2,41	2,43	2,23	2,48	2,48	2,40
450	2,53	2,42	2,35	2,43	2,27	2,48	2,57	2,44
Média	2,45 a	2,35 b	2,25 c		2,23 b	2,50 a	2,49 a	
Significância (p)	Tx. Mort.	Vag. Pl. ⁻¹	Vag.m ⁻²	Grãos Vag. ⁻¹	Tx. Mort.	Vag. Pl. ⁻¹	Vag.m ⁻²	Grãos Vag. ⁻¹
Época (Ép)	ns ²⁾	*	ns	**	ns	**	***	*
Densidade (D)								
Linear	**	***	ns	***	ns	***	**	ns
Quadrático	ns	***	ns	ns	ns	***	ns	ns
Ép. x D.	*	***	*	ns	ns	ns	ns	ns

¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

²⁾ *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: não significativo de acordo com a ANOVA.

Quanto ao número de vagens por área, na safra 12/13, houve efeito de interação, sendo que na semeadura de outubro e novembro não houve diferença entre as densidades, porém em dezembro, da densidade de 150 para 450 mil plantas ha⁻¹, o número de vagens por área

aumentou de 1066 para 1201 (aumentou 12,7%).

Na safra 13/14 o número de vagens por área decresceu com o atraso na época de semeadura de outubro para dezembro, de 1201 para 928 vagens por m² (reduziu 22,7%). Para densidade de semeadura, o número de vagens aumentou linearmente, sendo que entre a densidade de 150 e 450 mil plantas ha⁻¹ o componente vagens por área aumentou de 996 para 1099 vagens por m² (aumentou 10,3%). O menor número de vagens por área na semeadura de dezembro pode estar relacionado à menor produção de flores, conforme pode-se verificar na Tabela 6 (Capítulo I). Por sua vez, o menor número de flores pode estar relacionado à má distribuição das chuvas no período da floração e por estresse térmico durante o período do pré-florescimento e do florescimento (Tabela 1; Capítulo I).

Os resultados obtidos na semeadura de dezembro na safra 12/13 e em todas as épocas na safra 13/14 corroboram os resultados observados no trabalho de Pedersen e Lauer (2004) em que o aumento da densidade proporcionou maior número de vagens por área. Considerando que o número de vagens é o componente de produtividade mais sensível ao déficit hídrico na cultura da soja (COX e JOLLIFF, 1986), o período de deficiência hídrica na safra 13/14 que ocorreu entre 18/01 até 12/02 pode estar relacionado a esse menor número de vagens verificado nas plantas oriundas da semeadura de novembro e dezembro, visto que na semeadura de novembro a deficiência hídrica afetou o período de formação de flores e fixação de vagens e na semeadura de dezembro afetou todo o período da formação de flores. Com relação à temperatura média e máxima, durante o início do florescimento as temperaturas foram semelhantes para as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro, porém para as plantas oriundas da semeadura de dezembro, as temperaturas médias e máximas foram superiores em aproximadamente 3 e 4 °C, respectivamente, em relação a outubro e novembro, o que pode ter agravado a diferença no número de vagens por área obtido nas plantas oriundas da semeadura de dezembro.

O número de grãos por vagem foi influenciado pelas épocas de semeadura nas duas safras, porém as respostas foram diferentes. Na safra 12/13 as plantas oriundas da semeadura de outubro tinham em média 2,45 grãos por vagem, já em novembro, 2,35 grãos por vagem (reduziu 4,1% em relação à média de outubro), enquanto que em dezembro, 2,25 grãos por vagem (reduziu 8,2% em relação à média de outubro).

Já na safra 13/14, as plantas oriundas da semeadura de outubro tinham em média 2,23 grãos por vagem, já em novembro e dezembro, tinham 2,5 e 2,49 grãos por vagem, respectivamente (aumentou 12% em relação a outubro). O maior número de grãos por vagem verificado nas plantas oriundas da semeadura de novembro e dezembro evidenciam um efeito

de compensação do dreno, como havia menos vagens por planta quando oriundas das sementeiras de novembro e dezembro, o modo de redistribuir o dreno foi através do aumento do número de grãos por vagem.

A densidade de sementeira afetou de modo diferente o número de grãos por vagem entre as duas safras. Para a safra 12/13 o número de grãos por vagem aumentou linearmente, sendo que da densidade de 150 para 450 mil plantas ha^{-1} aumentou de 2,20 para 2,43 grãos por vagem (aumentou 10,5%). Para a safra 13/14 não houve diferença entre densidades para o número de grãos por vagem. Souza et al. (2010) não encontraram influência da densidade no número de grãos por vagem, desde que as condições de fertilidade de solo e ambiente sejam favoráveis à cultura da soja. Os dados obtidos neste trabalho demonstram que o efeito da densidade de plantas também varia de acordo com o ambiente, pois nas duas safras utilizou-se a mesma cultivar e a resposta foi distinta pelas diferenças nas condições ambientais.

Há relatos de trabalhos que não encontraram efeito de época de sementeira para o número de grãos por vagem (PIEROZAN JUNIOR, 2012) e relatos onde se constatou efeito (PEDERSEN e LAUER, 2004), e isso provavelmente se deve as condições do ambiente estudado. Pedersen e Lauer (2004) verificaram que a disponibilidade hídrica afeta o número de grãos por vagem, mas também depende da interação com outros fatores ambientais, como a temperatura.

O número de grãos por área, a massa de cem grãos e a produtividade são apresentados na Tabela 8. Para a safra 12/13 o número de grãos por área apresentou interação, sendo que as plantas oriundas da sementeira de outubro e novembro não apresentaram diferença entre as densidades, já as plantas oriundas da sementeira de dezembro nas densidades de 350 e 450 mil plantas ha^{-1} apresentaram mais grãos que as densidades de 150 e 250 mil plantas ha^{-1} . Esse efeito de interação pode estar relacionado ao regime de distribuição de chuvas, pois na safra 12/13 as chuvas foram bem distribuídas até o final do período de fixação de vagens para as plantas oriundas da sementeira de outubro e novembro, o que fez com que não houvesse diferença no número de grãos por área entre as densidades destas plantas. Houve uma estiagem de 7 dias que afetou o período de formação de flores e fixação de vagens para as plantas oriundas da sementeira de dezembro, além disso, as plantas oriundas desta época nas maiores densidades tinham um dossel fechado, enquanto que as plantas sob menores densidades não fechavam o dossel, isso permitia uma maior incidência de radiação solar na superfície do solo, o que pode ter ocasionado uma maior oscilação de temperatura e evaporação de água, que pode ter causado estresse hídrico e afetado a formação de flores e fixação de vagens, e consequentemente o número de grãos por área.

Com relação à safra 13/14, houve efeito de época, sendo que as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro apresentaram maior número de grãos por área que a semeadura de dezembro. Outros autores também verificaram que o componente grãos por área foi o componente que teve mais relação com a redução de produtividade em semeaduras tardias (PEDERSEN e LAUER, 2004; FATICHIN et al., 2013), isso é explicado pelo fato das semeaduras tardias terem o crescimento vegetativo suprimido, causado pelo estímulo antecipado de dias curtos, o que acaba reduzindo o número de vagens, e conseqüentemente o número de sementes (ASANUMA e OKUMURA, 1991). O número de grãos por área aumentou linearmente com o aumento da densidade de semeadura, sendo que da densidade de 150 para 450 mil plantas ha⁻¹, o número de grãos por área aumentou de 2343 para 2668 grãos m⁻² (aumentou 13,9%). Fatichin et al. (2013) consideram que o número de grãos por área é o principal componente para determinar a produtividade. Isso ocorre porque este componente de produtividade é formado primeiro e não limita a distribuição do dreno, enquanto que a massa de grão é limitada, e é determinada depois do número de grãos por área, ou seja, tem efeito compensatório limitado pelo potencial de crescimento do grão (EGLI, 2010).

Na safra 12/13 a estiagem que atingiu os meses de janeiro e fevereiro provavelmente interferiu no período de formação de vagens e florescimento das plantas semeadas, em outubro e novembro, respectivamente. Provavelmente isso favoreceu o abortamento das estruturas reprodutivas, principalmente nos tratamentos mais adensados que são mais prejudicados em situações de déficit hídrico. Como o número de grãos por área apresentou dependência estatística positiva em relação ao número de vagens por área (Figura 6), esse período de déficit hídrico acabou impactando nestes componentes. Isso também explica o comportamento do número de vagens por área, que foi impactado pelo déficit hídrico nas plantas oriundas da semeadura em outubro e novembro na safra 12/13 e nas plantas oriundas da semeadura de novembro e dezembro na safra 13/14.

Ademais, a fixação similar de flores, nas plantas semeadas nas diferentes épocas (Tabela 6; Capítulo I), sugere que a diferença na quantidade de vagens (Tabela 7), e conseqüentemente de grãos (Tabela 8) observada na colheita na safra 13/14, não se deveu a um maior abortamento de flores e vagens das plantas oriundas da semeadura de dezembro desta safra, mas ao número de flores produzidas.

Tabela 8. Número de grãos por área (grãos m⁻²), massa de cem grãos (MCG) e produtividade (Mg ha⁻¹) na colheita de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava-PR.

Densidade de semeadura (mil pl. ha ⁻¹)	2012/13				2013/14			
	Época				Época			
	18/out	19/nov	19/dez	Média	23/out	22/nov	20/dez	Média
	Grãos m ⁻²							
150	2731 aA ¹⁾	2471 aA	2147 bB	2450	2501	2298	2231	2343
250	2529 aA	2646 aA	2417 aB	2530	2614	2666	2238	2506
350	2726 aA	2718 aA	2772 aA	2738	2837	2749	2271	2619
450	2791 abA	2518 bA	2818 aA	2709	2744	2764	2497	2668
Média	2694	2588	2538		2674 a	2619 a	2309 b	
	MCG (g)							
150	18,5 aAB	18,4 aB	16,3 bA	17,7	16,9	16,3	15,3	16,1
250	19,1 aA	19,2 aAB	15,3 bA	17,9	16,3	16,3	15,4	16,0
350	17,7 bB	19,5 aAB	15,3 cA	17,5	16,8	15,9	16,0	16,2
450	18,6 aAB	19,8 aA	15,5 bA	18,0	16,4	16,4	16,0	16,3
Média	18,5	19,2	15,6		16,6	16,2	15,7	
	Produtividade (Mg ha ⁻¹)							
150	5,07 aA	4,54 bB	3,50 cC	4,37	4,25	3,75	3,21	3,73
250	4,81 aA	5,09 aAB	3,69 bBC	4,53	4,33	4,35	3,29	3,99
350	4,83 aA	5,29 aA	4,23 bAB	4,78	4,82	4,37	3,41	4,20
450	5,20 aA	4,97 aAB	4,36 bA	4,84	4,58	4,52	3,77	4,29
Média	4,98	4,97	3,94		4,49 a	4,24 a	3,41 b	
Significância (p)	Grãos m ⁻²	MCG	Produt.		Grãos m ⁻²	MCG	Produt.	
Época (Ép)	* ²⁾	***	***		*	ns	***	
Densidade (D)								
Linear	***	ns	***		***	ns	***	
Quadrático	ns	ns	ns		ns	ns	ns	
Ép. x D.	**	*	*		ns	ns	ns	

¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

²⁾ *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: não significativo de acordo com a ANOVA.

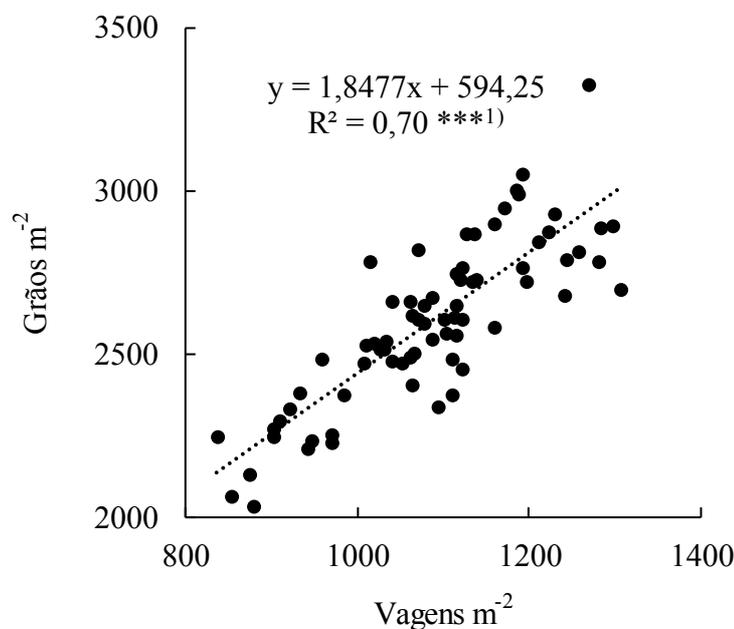


Figura 6. Relação entre grãos por área e vagens por área de plantas de soja cultivadas em três épocas, quatro densidades e duas safras em Guarapuava, PR.

1) ***: $p < 0,001$.

A MCG teve diferente resposta entre as duas safras. Na safra 12/13 houve efeito de interação, sendo que nas plantas oriundas da semeadura de outubro, na densidade de 250 mil plantas ha⁻¹ teve maior MCG em relação à densidade de 350 mil plantas ha⁻¹. Já nas plantas oriundas da semeadura de novembro, na densidade de 450 mil plantas ha⁻¹ teve maior MCG em relação à densidade de 150 mil plantas ha⁻¹. Para as plantas oriundas da semeadura de dezembro não houve diferença entre as densidades. De modo geral, as plantas oriundas da semeadura de dezembro resultaram em menor MCG para todas as densidades.

Para a safra 13/14 não se constatou efeito da MCG para épocas e densidades de semeadura. Alguns trabalhos demonstram que a diferença na MCG entre épocas está relacionada ao genótipo utilizado (PEDERSEN e LAUER, 2004; PIEROZAN JUNIOR, 2012). Neste experimento, a diferença no comportamento deste componente entre as duas safras avaliadas com o mesmo genótipo, evidencia que a variação na MCG está também relacionada ao ambiente ou a uma interação do genótipo com o ambiente.

Para as duas safras, a densidade de semeadura não afetou a MCG, corroborando com os dados obtidos por Heiffig et al. (2006). De Bruin e Pedersen (2008a) verificaram diferença na MCG entre as densidades de 185 a 556 mil plantas ha⁻¹, aumentando 0,3 g entre a menor e a maior densidade de semeadura. Essa diferença na MCG entre as densidades pode estar relacionado à amplitude de densidades avaliada pelos autores, pois a diferença é pouco sutil

para ser detectada em intervalos menores de densidades.

Segundo Fatichin et al. (2013), a MCG é um componente de compensação da produtividade que pode ser facilmente afetado pelas condições ambientais, favorecido com maior incidência de radiação solar associado a disponibilidade de água no período de enchimento de grãos. Essa diferença entre as safras pode estar relacionada à diferença na precipitação que foi maior na safra 12/13 para o período de enchimento de grãos da semeadura de outubro e novembro, aliado também à maior incidência de radiação solar neste período (Figura 5a e 5b).

A produtividade apresentou comportamento diferente entre as duas safras. Houve efeito de interação para a safra 12/13, sendo que nas plantas oriundas da semeadura de outubro as densidades não diferiram entre si, nas plantas oriundas da semeadura de novembro a densidade de 350 mil plantas ha⁻¹ foi superior à densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ e nas plantas oriundas da semeadura de dezembro a densidade de 450 mil plantas ha⁻¹ foi superior a densidade de 150 mil plantas ha⁻¹. De fato, todas as densidades apresentaram decréscimo na produtividade quando semeadas em dezembro, porque o crescimento vegetativo é suprimido quando cultivada em semeadura tardia o que limita o potencial de plasticidade das plantas.

Com relação à produtividade da safra 13/14, houve efeito de época de semeadura, sendo que as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro não diferiram entre si, porém foram superiores em relação às plantas oriundas da semeadura em dezembro. A produtividade aumentou linearmente com o aumento da densidade de semeadura na safra 13/14, sendo que da densidade de 150 para 450 mil plantas ha⁻¹, a produtividade aumentou de 3,73 para 4,29 Mg ha⁻¹ (aumentou 15%). Nesta safra as chuvas foram mal distribuídas e houve períodos de estiagem que afetaram o crescimento e o enchimento de grãos em todas as épocas. Uma hipótese é que as plantas submetidas a maiores densidades de semeadura apresentam uma maior cobertura do solo, e que isso favoreceu um maior aproveitamento do ambiente e maior retenção de água no solo, que conseqüentemente favoreceu a obtenção de maiores produtividades em maiores densidades de semeadura.

Na safra 12/13, a variação da produtividade foi melhor explicada pela variação da MCG (Figura 7a, R² = 0,60) do que pela variação do número de grãos por área (Figura 7c, R² = 0,35); enquanto que na Safra 13/14, a variação da produtividade foi melhor explicada pelo número de grãos por área (Figura 7d, R² = 0,86) do que pela variação da MCG (Figura 7b, R² = 0,35). Na safra 12/13 a maior relação da MCG com a produtividade pode estar relacionada com as chuvas bem distribuídas, que permitiram a MCG expressar seu potencial nas plantas oriundas das semeaduras de outubro e novembro, fato que não ocorreu na safra 13/14.

De Bruin e Pedersen (2008a), trabalhando em diferentes locais e densidades, verificaram que o componente grãos por área foi mais importante na determinação de produtividade que a MCG, corroborando com os dados verificados na safra 13/14.

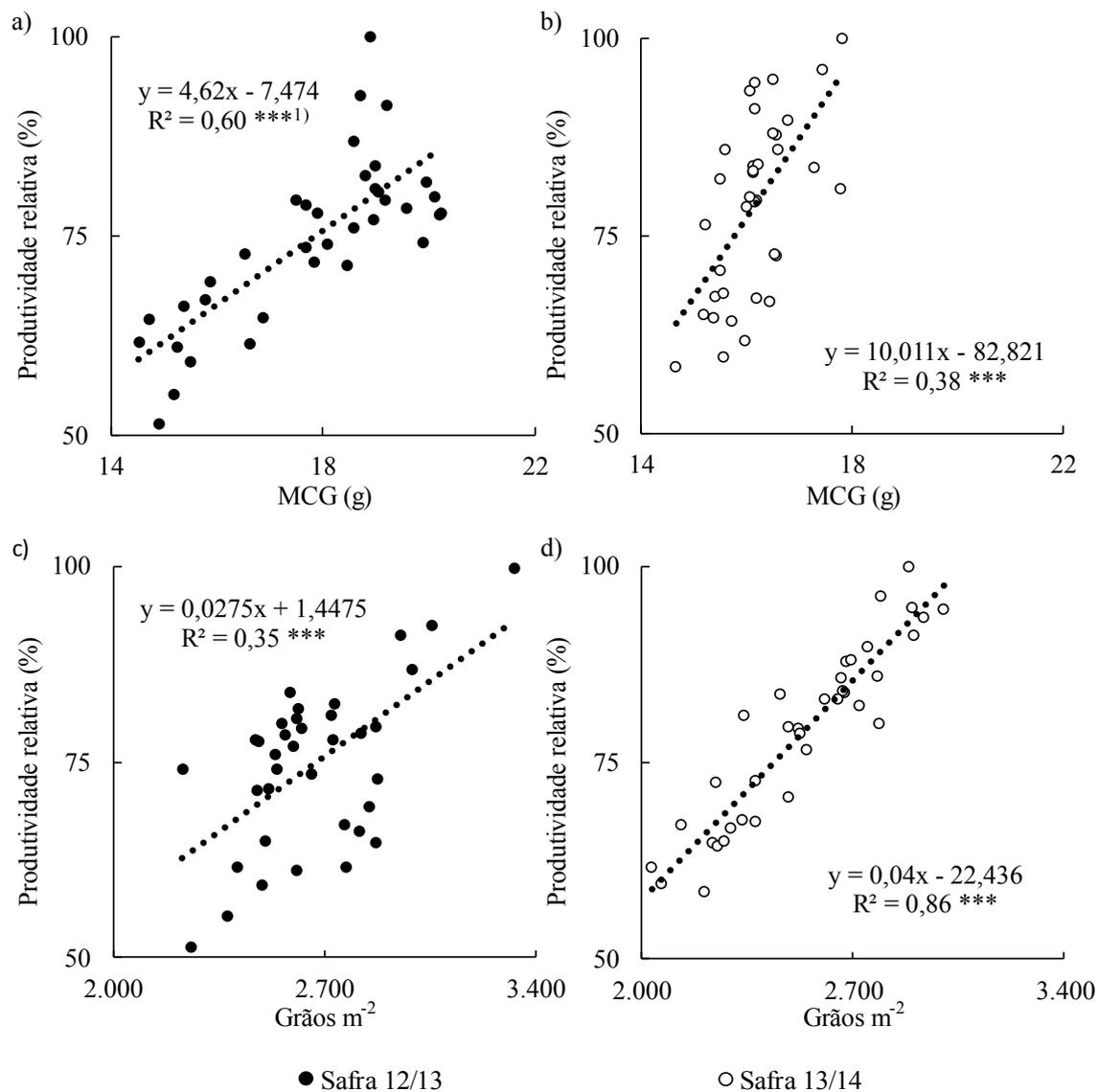


Figura 7. Relação entre produtividade relativa e massa de cem grãos nas safras 2012/13 (a) e 2013/14 (b) e entre produtividade relativa e grãos por área na safra 2012/13 (c) e 2013/14 (d) de plantas de soja cultivadas em três épocas e quatro densidades em Guarapuava, PR.

1) ***: $p < 0,001$.

As menores produtividades verificadas em semeaduras tardias podem ser atribuídas à menor quantidade de radiação solar, temperaturas amenas e fotoperíodo reduzido (MEOTTI

et al., 2012). Nas condições de Guarapuava-PR, historicamente há uma redução acentuada na temperatura e na incidência de radiação solar entre os meses de março e abril, justamente no período de enchimento de grãos das plantas oriundas da semeadura de dezembro (Figura 5). Somando-se a isso o fato de que essas plantas tiveram o ciclo de desenvolvimento reduzido em 20 e 22 dias, respectivamente para a safra 12/13 e 13/14, chega-se às principais causas que levam à redução de produtividade em semeadura tardia.

Nas duas safras, verificou-se que as plantas oriundas da semeadura de dezembro, apresentaram decréscimo maior que $0,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ em relação as plantas oriundas da semeadura de outubro e novembro. Pierozan Junior (2012) observou, na média das cultivares testadas, uma queda de $0,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ na produtividade da semeadura de dezembro em relação à semeadura de outubro na região de Guarapuava. Uma das explicações para a diferença na produtividade é a sensibilidade ao fotoperíodo das plantas de soja, pois na terceira semeadura ocorre um estímulo de dias curtos (Tabela 1; Capítulo I) mais acentuado no período vegetativo, e assim elas acabam florescendo mais cedo que as plantas oriundas da semeadura de outras épocas. Conseqüentemente, as plantas alcançam os estádios reprodutivos com um menor porte, demonstrado pela menor estatura de planta (Tabela 2; Capítulo I) e menor capacidade de conversão de fotoassimilados devido ao menor IAF (Tabela 3; Capítulo I).

Pode-se observar que o aumento da densidade de semeadura, dentro do intervalo avaliado, pode trazer ganhos em produtividade, principalmente em semeaduras realizadas em dezembro, corroborando com os dados obtidos por Heiffig et al. (2006). Há trabalhos que relatam que o aumento de densidade de semeadura não traz ganhos em produtividade quando ocorre condições climáticas desfavoráveis, como déficit hídrico (TOURINO et al., 2002) e em regiões de menor potencial produtivo (SOUZA et al., 2010).

Os componentes produtivos afetados pela densidade de semeadura nas duas safras foram o número de grãos por área que por sua vez foi afetado pelo número de vagens por planta, corroborando com os dados obtidos por Oliveira (2010), que avaliou diferentes genótipos em duas densidades. O fato da densidade não afetar a MCG nas duas safras evidencia que as densidades de semeadura não interferiram no dreno para o enchimento de grãos, e que o efeito de MCG esteja ligado a fatores de interação do genótipo com o ambiente que não estejam relacionados à competição interespecífica. Oliveira (2010) testou diferentes genótipos em duas densidades e observou o mesmo efeito.

Em ocasiões onde acontece falha no estande de plantas, deve-se considerar se a ressemeadura é viável. A variação na produtividade acerca das densidades de semeadura permite auxiliar nessa tomada de decisão. Os dados demonstram que a densidade de

semeadura de 150 mil plantas ha^{-1} , abaixo do recomendado pelo obtentor que situa-se entre 200 e 250 mil plantas ha^{-1} , apresentou produtividade considerável, assim deve-se avaliar se os custos para realizar uma nova semeadura são viáveis pela diferença de produtividade que as densidades apresentaram.

Trabalhos que avaliaram densidades de semeadura em intervalos maiores que o deste estudo apresentaram respostas quadrática (COX e CHERNEY, 2011) e resposta linear ou quase quadrática (DE BRUIN e PEDERSEN, 2008a; 2008b) em produtividade. A resposta quadrática permite aferir o ponto de máxima produtividade técnica, o que não foi obtido no intervalo de densidades de semeadura utilizadas neste experimento.

Na média das duas safras, verificou-se que na semeadura de dezembro a maior densidade de semeadura produziu 14% (575 kg) a mais que a população recomendada pela obtentora (250 mil plantas ha^{-1}). Através de uma análise econômica simples, considerando que um saco de sementes, com aproximadamente 280 mil sementes, custa por volta de US\$42,43 (Considerando a cotação do dólar em dez/2013, sendo US\$ 1,00 = R\$ 2,357) verificamos que o aumento da densidade de semeadura de 250 mil plantas ha^{-1} para 450 mil plantas ha^{-1} aumentaria os gastos com sementes em US\$30,30. Como atualmente, a saca de soja em Guarapuava está cotada em cerca de US\$25,46, o ganho em produtividade na terceira época de semeadura proporcionaria um ganho de aproximadamente 9,6 sacas de soja, aumentando o rendimento bruto em US\$243,90. Mesmo considerando que existem outras perdas em maiores densidades de semeadura como por exemplo o maior amassamento de plantas e um microclima mais favorável à ocorrência de doenças, ainda assim existe uma margem de lucro considerável com este manejo. Essa vantagem econômica vai depender do mercado e do preço que a soja estará sendo cotada no futuro, porém no atual cenário em que a soja está valorizada, vislumbra-se uma possibilidade de aumento de rendimento adotando-se essa prática de manejo em semeaduras tardias.

5.4 Conclusões

Nas condições em que o trabalho foi conduzido, pode-se concluir que:

1. A semeadura realizada em dezembro (tardia) apresentou menor produtividade nas duas safras, sendo que na safra 12/13 o componente massa de cem grãos teve maior relação com a produtividade, enquanto que na safra 13/14 o componente grãos por área teve maior relação.
2. O aumento da densidade de semeadura aumentou a produtividade de modo linear nas duas safras, e seu efeito foi sobre o componente número de grãos por área.
3. Houve interação na produtividade entre épocas e densidades de semeadura na safra 12/13, sendo que as plantas oriundas da semeadura de outubro não diferiram entre as densidades, nas plantas oriundas da semeadura de novembro a densidade de 350 mil plantas ha⁻¹ foram mais produtivas que a densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ e nas plantas oriundas da semeadura em dezembro o aumento da densidade aumentou a produtividade.
4. Maiores densidades na semeadura em dezembro (tardia) podem proporcionar maior rendimento ao produtor quando a cotação do mercado for favorável.

5.5 Referências bibliográficas

- ASANUMA, K.; OKUMURA, M. Effect of Sowing Time on Dry Matter Production and Seed Production of Soybean. **Japanese Journal of Crop Science**, v. 60, n. 4, p. 484-489, 1991.
- ASFAW, A.; ALEMAYEHU, F.; GURUM, F.; ATNAF, M. AMMI and SREG GGE biplot analysis for matching varieties onto soybean production environments in Ethiopia. **Scientific Research and Essays**. v. 4, p. 1322-1330, 2009.
- BRASMAX. **SOJA – Producto – BMX Energia RR**. Disponível em: <<http://brasmxgenetica.com.br/producto.php?id=10&r=S>>. Acesso em: 27 jun. 2014.
- CALVIÑO, P.A.; SADRAS, V.O.; ANDRADE, F.H. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. **European Journal of Agronomy**. v. 19, p. 265-275, 2003.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Início/ Produtos e serviços/ Safras – Grãos – Soja Brasil. Série Histórica de Produção. Safras 1976/77 a 2012/13**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2014.
- COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**. v. 103, p. 123-128, 2011.
- COX, W.J.; JOLLIFF, G.D. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. **Agronomy Journal**. v. 78, p. 226-230, 1986.
- DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Soybean seed yield response to planting date and seeding rate in the Upper Midwest. **Agronomy Journal**. v. 100, p. 696-703, 2008a.
- DE BRUIN, J.L.; PEDERSEN, P. Effect of Row Spacing and Seeding Rate on Soybean Yield. **Agronomy Journal**. v. 100, p. 704-710, 2008b.
- EGLI, D. B. Comparison of corn and soybean yields in the United States: Historical trends and future prospects. **Agronomy journal**. v. 100, p. 79-88 (Supplement 3), 2008.

EGLI, D.B. Soybean yield physiology: principles and processes of yield production. In: SINGH, Guriqbal (Ed.). **The soybean: botany, production and uses**. Ludhiana: CABI, 2010. p. 113-141.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná – 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217p.

FAO, Food And Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT Production Crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 14 jun. 2014.

FATICHIN; ZHENG, S.H.; NARASAKI, K.; ARIMA, S. Genotypic adaptation of soybean to late sowing in southwestern Japan. **Plant Production Science**. v. 16, p. 123-130, 2013.

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

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.S. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**. v. 65, p. 285-295, 2006.

IAPAR. **Cartas climáticas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>. Acesso em: 15 out. 2012.

LUDWIG, M.P.; DUTRA, L.M.C.; ZABOT, L.; JAUER, A.; UHRY, D.; FARIAS, J.R.; LOSEKANN, M.E.; STEFANELO, C.; LUCCA FILHO, O.A. Efeito da densidade de semeadura e genótipos no rendimento de grãos e seus componentes na soja semeada após a época indicada. **Revista da FZVA**. v. 14, p. 13-22, 2007.

MEOTTI, G.V.; BENIN, G.; SILVA R.R.; BECHE, E.; MUNARO L.B. Épocas de semeadura e desempenho agrônômico de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 47, p. 14-21, 2012.

MICHALOVICZ, L. **Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho-cevada-feijão-trigo influenciados por doses e parcelamento de gesso em plantio direto**. 2012. 41p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR.

OLIVEIRA, A.B. **Fenologia, desenvolvimento e produtividade de cultivares de soja em função de épocas de semeadura e densidades de plantas**. 2010. 78p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de ciências agrárias e veterinárias, Jaboticabal, SP.

PEDERSEN, P.; LAUER, J.G. Response of soybean yield components to management system and planting date. **Agronomy Journal**. v. 96, p. 1372-1381, 2004.

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Sowing date and plant density of soybean: I. yield components and grain yield. **Scientia Agricola**. v. 57, p. 153-162, 2000.

PELUZIO, J.M.; FIDELIS, R.R.; JUNIOR, D.A.; SILVA BARBOSA, V.; RICHTER, L.H.M.; SILVA, R.R.; AFFERRI, F.S. Desempenho de cultivares de soja, em duas épocas de semeadura, no sul do estado do Tocantins. **Bioscience Journal**. v. 22, p. 69-74, 2006.

PELUZIO, J.M.; VAZ-DE-MELO, A.; COLOMBO G.A.; SILVA, R.R.; AFFÉRI, F.S.; PIRES, L.P.M.; BARROS, H.B. Efeito da época e densidade de semeadura na produtividade de grãos de soja na Região Centro-Sul do estado do Tocantins. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 3, p. 145-153, 2010.

PIEROZAN JUNIOR, C. **Crescimento e desempenho produtivo de cultivares de soja em diferentes épocas de semeadura no Centro-Sul do Estado do Paraná**. 2012. 76p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR.

POPP, M.P.; KEISLING, T.C.; RONALD W. MCNEW, R.W.; OLIVER, L.R.; DILLON, C.R.; WALLACE, D.M. Planting date, cultivar, and tillage system effects on dryland soybean production. **Agronomy Journal**. v. 94, p. 81–88, 2002.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A.D.; LHAMBY, J.C.B.; BERTAGNOLLI, P.F.; LUIZ, J.S. da. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.431-437, 2001.

SILVA, F.A.S; AZEVEDO, C.A.V. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: **World congress on computers in agriculture**, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009. p. 294-298.

SIMEPAR – Instituto tecnológico Simepar. **Boletim personalizado**. Disponível em: <<http://www.simepar.br>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

SOUZA, C.A.; GAVA, F.; CASA, R.T.; BOLZAN, J.M.; KUHNEM JUNIOR, P.R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready™. **Planta Daninha**. v. 28, p. 887-896, 2010.

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

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os dados obtidos neste experimento verificou-se que, em ambas as safras, a semeadura realizada em dezembro acarretou em redução na produtividade. Isso aconteceu porque o atraso na época de semeadura reduziu o ciclo, a estatura, o índice de área foliar e a absorção de radiação fotossinteticamente ativa das plantas oriundas da semeadura em dezembro em relação às plantas oriundas da semeadura em outubro e novembro, notavelmente após o estágio V9.

Na safra 2012/13 a produtividade teve maior relação com a massa de cem grãos e isso pode estar relacionado ao maior volume de precipitação que ocorreu no período de enchimento de grãos (R5 – R8) das plantas oriundas da semeadura em outubro e novembro. Na safra 2013/14 a produtividade teve maior relação com o número de grãos por área, e este fato pode estar relacionada à distribuição irregular da precipitação devido à maior incidência de estiagens durante os estádios reprodutivo das plantas.

A densidade de semeadura recomendada pelo obtentor da cultivar BMX Energia RR[®] se mostrou adequada para as semeaduras realizadas em outubro e novembro da safra 2012/13, no entanto para a semeadura realizada em dezembro da safra 2012/13 e em todas as épocas da safra 2013/14 a utilização de densidade acima da recomendada pelo obtentor proporcionou maior produtividade. Para a semeadura tardia, pelos resultados das duas safras a utilização de densidade de semeadura superior à recomendada deve ser considerada. Os dados da safra 2013/14 evidenciam que, em anos com má distribuição da precipitação, a utilização de maior densidade de semeadura também deve ser considerada para as semeaduras realizadas em outubro e novembro.

Vale ressaltar que a cultivar utilizada é de baixo porte e de ciclo semiprecoce para o Estado do Paraná, talvez se fosse testada uma cultivar de ciclo de crescimento mais longo, e/ou com porte maior, os resultados poderiam ser diferentes. Estes resultados são específicos para esta cultivar e não devem ser extrapolados para outras cultivares.

Em lavouras onde se visa a multiplicação de sementes deve-se considerar a utilização de menores densidades, pois na média das duas safras, a densidade de 150 mil plantas ha⁻¹ apresentou uma taxa de multiplicação de 160 vezes, enquanto que a densidade de 450 mil plantas ha⁻¹ apresentou uma taxa de multiplicação de 59 vezes.

A relação da estatura de plantas e do índice de área foliar com a produtividade demonstra que, para a cultivar avaliada, práticas de manejo que permitam uma melhor distribuição e interceptação de luz, como o adensamento de plantas na linha de semeadura,

desde que não provoque acamamento, promovem aumento da produtividade. Como recomendação para futuros trabalhos, uma hipótese é que a utilização de espaçamento entre linhas menor incrementa a produtividade em semeaduras tardias, visto que proporciona uma maior distribuição das plantas, das folhas no solo e conseqüentemente maior aproveitamento da luz.

Estudos visando aprimoramento de práticas de manejo em semeaduras tardias na cultura da soja são importantes na região de Guarapuava em que os produtores realizam com frequência esta prática. Além disso, a análise de crescimento em diferentes épocas e safras possibilita uma melhor compreensão do efeito do ambiente no crescimento das plantas e a identificação das características úteis para obtenção de cultivares mais produtivas.