

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CRESCIMENTO E RENDIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA A
ÉPOCAS DE SEMEADURA E ARRANJO DE PLANTAS**

**ÉZIO ITAMAR GUBIANI
ENGENHEIRO AGRÔNOMO / UFSM**

**Dissertação apresentada como um dos
requisitos à obtenção do grau de
Mestre em Fitotecnia
Área de concentração Plantas de Lavoura**

**Porto Alegre (RS), Brasil
Abril de 2005**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais **João Batista e Lurdes**,
pelos ensinamentos, dedicação e
esforço pela minha formação e o
incentivo de sempre seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. José Antonio Costa pela amizade, confiança e orientação.

Aos meus irmãos Fábio e Lucélia pelo incentivo à realização desta nova etapa de minha vida.

A minha noiva Simone Maria Urban, pelo carinho, apoio e colaboração na realização deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Plantas de Lavoura e Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, que contribuíram para minha formação.

A todos os colegas de pós-graduação, em especial aos colegas de orientação Daniel Fagundes Sperb, Tatiana Brum Fontoura e Luis Artur Tonelotto Saraiva, pelo companheirismo e colaboração.

Aos bolsistas de iniciação científica e estudantes de Agronomia Lucas Osório Di Napoli, Marcos D'Ávila e Fabrício Dalcin, pela ajuda na realização das determinações de campo.

Aos funcionários da EEA/UFRGS, pela ajuda na realização do experimento.

Ao CNPq, pelo auxílio financeiro.

CRESCIMENTO E RENDIMENTO DA SOJA EM RESPOSTA A ÉPOCAS DE SEMEADURA E ARRANJO DE PLANTAS¹

Autor: Ézio Itamar Gubiani
Orientador: José Antonio Costa

RESUMO

O crescimento e o rendimento da soja são influenciados por fatores ambientais como fotoperíodo, temperatura, precipitação pluvial, umidade e fertilidade do solo. Considerando a variação destes fatores durante a estação de crescimento e a influência que eles têm sobre o desempenho da soja, os objetivos deste experimento foram verificar o efeito de três épocas de semeadura no crescimento, potencial de rendimento, rendimento de grãos e seus componentes. E também qual o melhor arranjo de plantas para potencializar o desempenho da soja, pela variação no espaçamento entre fileiras e na população de plantas. O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS, durante a estação de crescimento 2003/2004. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. Os tratamentos consistiram de épocas de semeadura (15 de outubro, 15 de novembro e 17 de dezembro), espaçamento entre fileiras (20 e 40 cm) e populações de plantas (20, 30, 40 e 50 plantas.m⁻²). O rendimento médio de grãos foi de 3514 kg.ha⁻¹, sendo influenciado pela época de semeadura, com o maior rendimento em novembro. O potencial do rendimento foi determinado pela contagem de estruturas reprodutivas (flores e legumes). Em R2, mostrou-se superior em novembro e dezembro; em R5 o potencial foi superior em novembro, devido ao grande aborto de flores e legumes ocorrido em dezembro, entre R2 e R5. Os componentes do rendimento legumes por área e grãos por legume influenciaram diretamente o rendimento de grãos. A maioria das variáveis do crescimento avaliadas foi superiores quando da semeadura em novembro.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (77 p.) Abril, 2005.

GROWTH AND YIELD OF SOYBEAN IN RESPONSE TO SOWING DATE AND PLANT ARRANGEMENT²

Author: Ézio Itamar Gubiani

Adviser: José Antonio Costa

ABSTRACT

The growth and yield of soybeans are influenced by environmental factors such as photoperiod, temperature, rainfall, soil moisture and fertility. Considering the variation of these factors during the growing season and the influence they have on soybean performance, the objective of this experiment was to ascertain the effect of three sowing dates in the growth, potential yield and grain yield and its components. Also, in order to maximize the grain yield, plant arrangement, with variation in row spacing and plant population, were tested. The trial was performed at the Estação Experimental Agronômica of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), in Eldorado do Sul, RS, during the growing season 2003/2004. The experimental desing was a randomized complete block, in a split split-plot, and four replications. The treatments consisted of dates os sowing (October 15, November 15 and December 17), row spacings (20 and 40 cm) and plant populations (20, 30, 40 and 50 plants.m⁻²). The average grain yield was 3514 kg.ha⁻¹, being influenced by date of sowing, with the highest yield in November. The yield potential was determined by counting the reproductive structures (flowers and pods). In R2, was higher in November and December; in R5 potential was higher in November doe to more flower and pod abortion in December, between R2 and R5. The yield components pods per area and seeds per pod influenced directly the grain yield. Most of the growth variables evaluated had higher values in the sowing date of November.

^{1/} Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (77 p.) April, 2005.

SUMÁRIO

	Página
RELAÇÃO DE TABELAS	ix
RELAÇÃO DE FIGURAS	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Local do experimento e características climáticas da região.....	17
3.2 Características do solo da área experimental.....	18
3.3 Delineamento experimental e tratamentos.....	18
3.4 Instalação e condução do experimento.....	19
3.5 Coleta de dados e determinações.....	21
3.6 Dados meteorológicos do local de execução do experimento...	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Considerações gerais.....	25
4.2 Observações meteorológicas.....	26
4.3 Rendimento de grãos.....	32
4.4 Variáveis de crescimento das plantas.....	34
4.5 Estimativa do potencial de rendimento.....	40
4.6 Componentes do rendimento.....	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52

6. CONCLUSÕES.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
8. VITA.....	63
9. APÊNDICES.....	64

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Principais características agronômicas da cultivar de soja BRS 153.....	19
2. Duração do ciclo da cultivar (dias), soma térmica do subperíodo semeadura – maturação fisiológica e duração do subperíodo semeadura – início do florescimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	30
3. Estatura de plantas (cm) da cultivar BRS 153 em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	36
4. Taxa de enchimento de grãos (TEG), rendimento biológico aparente (R _{Ba}), índice de colheita (IC _a) em R ₈ * duração do enchimento de grãos (DEG) e rendimento de grãos da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	39
5. Estimativa do potencial de rendimento em dois estádios de desenvolvimento e rendimento de grãos, em três épocas de semeadura, em caule, ramos e na planta inteira, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.	44
6. Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja BRS 153, nos estádios fenológicos R ₂ , R ₅ e R ₈ , no caule, ramos e na planta inteira, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	45
7. Número de legumes férteis por metro quadrado em caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	47

8. Número de grãos por legume em caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	48
9. Peso de 100 grãos (gramas) em caule, ramos e na planta inteira, da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.	49
10. Componentes do rendimento, rendimento de grãos e rendimento de grãos calculado da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	51
11. Número de nós férteis em caule, ramos e na planta inteira, e número de ramos da cultivar de soja BRS 153, no estágio R8*, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	51

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Precipitação pluvial e temperaturas médias de 30 anos (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2003/2004, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	27
2. Radiação solar global ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) média de 30 anos (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2003/2004, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS.....	27
3. Balanço hídrico sem considerar a irrigação (A), e considerando a irrigação (B), segundo Thorntwaite e Mather (Cunha, 1992), para capacidade de armazenamento de água no solo de 50 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	29
4. Rendimento de grãos da cultivar de soja BRS 153 em três épocas de semeadura e dois espaçamentos entre fileiras, na média de quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.....	32
5. Índice de área foliar da cultivar de soja BRS 153, nos estádios R2 e R5, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos.....	35
6. Matéria seca da parte aérea da soja (cultivar BRS 153) em três épocas de semeadura, na média de quatro populações de plantas e dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.....	36

7. Taxa de crescimento da cultura (TCC) da soja (cultivar BRS 153), em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. VE = vegetativo de emergência; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação..... 37
8. Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja BRS 153, em três estádios de desenvolvimento, em caule, ramos e na planta inteira, na média de três épocas de semeadura, dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = florescimento pleno (flores.m⁻²); R5 = início do enchimento de grãos (legumes.m⁻²); R8 = maturação (legumes férteis.m⁻²)..... 42
9. Estimativa do potencial de rendimento da soja em três estádios de desenvolvimento, em caule, ramos e na planta inteira, na média de três épocas de semeadura, dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação..... 42

1. INTRODUÇÃO

O homem utiliza os recursos da natureza para satisfazer as suas necessidades vitais. A história da evolução da humanidade mostra que a relação do homem com o meio foi, e continua sendo, acompanhada de progresso técnico-científico que serve de base para o aumento da produção agrícola e, principalmente, da produtividade das culturas, já que é necessário produzir para alimentar as aglomerações humanas.

Novas alternativas de condução das lavouras, empregando práticas de manejo rentáveis, de fácil utilização e não poluentes se tornam necessárias para garantir o incremento do rendimento de grãos, em busca da maior capacidade competitiva de nossos produtores junto ao mercado mundial.

No contexto agrícola, dentre as principais oleaginosas, a soja destaca-se com participação de 51% do total produzido no mundo, correspondendo a mais de 155 milhões de toneladas. Desse montante, Estados Unidos, Brasil, Argentina e China são responsáveis por 87,4% da produção mundial, participação essa que tem crescido nos últimos anos (Reunião...2004). No Brasil, a soja é cultivada em 14 estados, ocupando mais de 18 milhões de hectares. Dessa área total, 84% se localizam nas regiões Sul e Centro-oeste, sendo que os estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, contribuem com 64,5% da produção nacional (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2003).

No Rio Grande do Sul, a soja ocupa uma área cultivada de mais de três milhões de hectares, com produção colhida na safra, 2002/03, de mais de nove milhões de toneladas e produtividade de aproximadamente 2667 Kg.ha^{-1} , baixa se for comparada a outros estados como Mato Grosso e Paraná que tem produtividade média de 3000 Kg ha^{-1} (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2003). A diferença que existe entre as produtividades alcançadas pelos produtores paranaenses e mato-grossenses, quando comparadas aos gaúchos, é principalmente devida à utilização de técnicas que maximizam o desempenho da cultura, práticas culturais modernas e maquinaria de última geração, além de melhores condições ambientais como relevo menos inclinado que favorece a realização das práticas agrícolas durante o ciclo da cultura e planejamento prévio de suas lavouras.

A elevação do rendimento de grãos da soja tem-se constituído num grande desafio para os pesquisadores. Há necessidade de se buscar novas práticas de manejo que maximizem a utilização dos fatores ambientais disponíveis, sem elevação dos custos de produção, a fim de atingir o potencial de rendimento.

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

daninhas, exploração mais uniforme da fertilidade do solo e maior e mais antecipada interceptação da energia solar (Rambo, 2003).

A época de semeadura da soja, além de ser condicionada pelo fotoperiodismo, depende também do regime de chuvas da região. A melhor época de semeadura para soja depende, principalmente, da temperatura do solo para a germinação, da temperatura do ar durante todo o ciclo da planta, do fotoperíodo após a emergência e da umidade do solo na semeadura, na floração e no enchimento de grãos (Barni et al., 1978, citado por Barni & Matzenauer, 2000). A imprevisibilidade das variações climáticas confere à ocorrência de adversidades meteorológicas, o principal fator de risco e de insucesso na exploração da cultura da soja. A soja tem como subperíodos críticos à falta de água, a germinação – emergência e a formação de legumes – enchimento de grãos, dependendo da intensidade e duração, a deficiência hídrica pode restringir o crescimento vegetativo e limitar o potencial de rendimento de grãos (Maehler, 2000). Neste sentido, o plantio da soja em épocas recomendadas diminui riscos de insucesso devido à menor probabilidade de ocorrência de déficit hídrico durante as fases mais críticas da cultura ser menor, possibilitando maiores rendimentos com menores riscos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho produtivo da soja em três épocas de semeadura, bem como mensurar o efeito da redução no espaçamento entre fileiras e variação na população de plantas no potencial de rendimento, rendimento de grãos, componentes do rendimento e variáveis associadas ao crescimento da soja, com a finalidade de identificar o arranjo espacial que melhor possibilite manejar a cultura para altas produtividades.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apesar da grande importância econômica que a cultura da soja apresenta, seus índices de rendimento são baixos e muito variáveis no tempo e no espaço. O potencial de rendimento pode ser definido como o rendimento apresentado pelas culturas, em ambiente ao qual estão adaptadas, sem limitações no suprimento de água e nutrientes, com o controle efetivo de insetos, doenças, plantas daninhas, excessos hídricos e de outros estresses bióticos e abióticos (Evans, 1993). Para rendimentos elevados é necessário que o planejamento da lavoura seja repensado, mesmo que essas condições ideais sejam difíceis e/ou impossíveis de serem alcançadas.

A época preferencial de semeadura é aquela em que os riscos de perdas de produtividade, por deficiência hídrica nos subperíodos críticos do desenvolvimento da planta de soja, têm menor probabilidade de ocorrência (Barni & Matzenauer, 2000). A soja tem como subperíodos críticos a falta de água, a germinação – emergência e a formação de legumes – enchimento de grãos (Maehler, 2000). A deficiência no início do ciclo dificulta a embebição da semente e, conseqüentemente, a germinação, além de promover formação de crostas superficiais em determinados tipos de solos, que atrasam ou impedem a emergência das plântulas (Câmara & Heiffig, 2000). Outro fator importante é a fixação biológica de nitrogênio, que é muito sensível à deficiência hídrica,

afetando tanto o estabelecimento como a atividade do rizóbio (Serraj & Sinclair, 1997). A deficiência hídrica causa redução da permeabilidade dos nódulos aos gases, limitando o acesso de oxigênio para a respiração e a fixação de nitrogênio (Castilo & Layzell, 1995). Durante o déficit hídrico há menor translocação de foassimilados na planta, devido à redução da fotossíntese nas folhas e inibição do crescimento dos órgãos da planta (Sionit & Kramer, 1977; Canfalone et al., 1997 citado por Canfalone et al., 2002).

Secas durante o período reprodutivo (pós-florescimento) causam reduções drásticas no rendimento de grãos, devido ao abortamento de flores e de legumes, menor período de florescimento, menor número de grãos por legume, menor período de enchimento de grãos, diminuição da qualidade de grãos e aceleração da senescência foliar (Cunha et al. 2001).

A escolha da época de semeadura destaca-se no controle da deficiência hídrica, valendo-se de mecanismos de escape, pois pode ser ajustada para evitar períodos de baixa precipitação durante estádios críticos e fazer coincidir as etapas de florescimento e fixação de legumes com períodos favoráveis de disponibilidade hídrica (Mota, 1983 citado por Cunha et al., 2001).

Avaliando produção de fitomassa (MS) em sete épocas de semeadura em soja (25/09, 09/10, 23/10, 06/11, 19/11, 03/12 e 17/12), Schöffel & Volpe (2001) obtiveram melhores resultados quando a semeadura fora realizada em 19/11 e 06/11/1998. Esses maiores acúmulos de MS para as semeaduras realizadas no mês de novembro são consequência, principalmente, da grande disponibilidade de energia solar no ambiente durante o subperíodo vegetativo das plantas, além das condições fotoperiódicas, térmicas e hídricas favoráveis, apresentadas durante o ciclo fenológico.

A partir do momento em que a planta de soja inicia sua atividade fotossintética, começa a acumular matéria seca em seus órgãos, principalmente no caule, ramificações, pecíolos e folhas, sendo que a taxa de acúmulo de matéria seca se acentua a partir da expansão do quarto ou quinto trifólio, e intensifica-se durante o período vegetativo, mantendo-se elevada até o início do enchimento de grãos, quando se acentua a translocação da matéria seca dos órgãos vegetativos para os reprodutivos (Câmara, 2000). Com o desenvolvimento dos sucessivos estádios fenológicos da soja, ocorre aumento da área foliar da planta, aumentando, portanto, a capacidade de interceptação da luz incidente sobre o dossel da cultura. Com isso há correlação direta e positiva entre interceptação e absorção de luz e acúmulo de matéria seca da planta. Tem-se, então, que a produção de matéria seca aumenta à medida que a área foliar aumenta (Câmara, 2000). Entretanto, existe um limite, determinado pelo índice de área foliar crítico, definido como o índice de área foliar que intercepta 95% da radiação solar incidente (Shibles & Weber, 1965).

Nem sempre a matéria seca acumulada nos órgãos vegetativos da parte aérea das plantas é revertida em rendimento de grãos. A relação entre matéria seca acumulada e rendimento de grãos é função do genótipo utilizado e da sua interação com o ambiente. Por isso, deve-se dar atenção e preferência a cultivares mais eficientes na conversão dos fotoassimilados para a produção de grãos, ao invés do crescimento vegetativo (Sedyama et al., 1985). Não menos importante é ajustar o ambiente e o manejo cultural para altos rendimentos, quando se tem cultivares de elevado potencial de produtividade e adaptados à região de cultivo.

Para Egli et al. (1987) e Costa et al. (1991) existe relação linear entre o rendimento de grãos por área e matéria seca acumulada durante o período vegetativo e início do enchimento de grãos.

A taxa de acúmulo de matéria seca no grão, por sua vez, é função do número de células nos cotilédones (Egli et al., 1985) e, posteriormente, do suprimento de fotossintatos. Já a duração do período de enchimento de grãos está mais associada a diferenças de rendimento entre cultivares do que com a taxa de acúmulo (Egli, 1975). A taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e a duração do enchimento são influenciadas pelo genótipo (Egli et al., 1984), pelo fotoperíodo (Boote, 1981), pela temperatura (Egli & Leggett, 1973) e pela disponibilidade hídrica (Cure et al., 1983).

Avaliando a taxa e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de soja e sua relação com o rendimento, Costa et al. (1991) evidenciou que, sob condições ótimas de água, a taxa de acúmulo de matéria seca está mais associada ao rendimento de grãos do que à duração, e que, entre si, essas duas características estão associadas negativamente. Segundo o mesmo autor, a correlação negativa entre duração e taxa de acúmulo de matéria seca no período de enchimento de grãos sugere, que na busca de genótipos com maior potencial de rendimento, estas características devem ser consideradas conjuntamente.

A duração do subperíodo emergência – floração é influenciada pela acumulação de temperaturas e pela ação fotoperiódica atuante em cada época de semeadura. Assim, semeaduras muito tardias não proporcionam tempo suficiente para as plantas atingirem um crescimento normal antes da floração (Barni & Matzenauer, 2000). No que diz respeito à temperatura devem ser destacadas duas importantes dependências da soja a esta variável. A temperatura do solo

deve ser considerada para se estabelecer o início da época de semeadura, já que em temperaturas muito baixas as sementes demoram muito a germinar e emergir, ficando sujeitas ao ataque de microrganismos do solo. Por outro lado, na faixa de 18 a 21°C a emergência das plantas ocorre em 8 a 10 dias e temperaturas de solo entre 25 a 30°C facultam a emergência em 5 a 6 dias (Matzenauer et al., 1983). A temperatura do solo exerce grande influência sobre a velocidade do processo de germinação e emergência das plantas, alongando ou reduzindo a duração do subperíodo de crescimento vegetativo das cultivares. Em experimentos avaliando a temperatura média do solo desnudo, na profundidade de 5 cm no Rio Grande do Sul, Barni & Matzenauer (2000), verificaram que apenas as regiões da Serra do Sudeste, Serra do Nordeste e Planalto Superior apresentam temperaturas médias do solo (a 5 cm de profundidade) inferiores a 18°C, no último decêndio do mês de setembro. Essa temperatura (18°C) é considerada como o limite inferior para boas condições de germinação da soja (Bergamaschi et al., 1977).

Outro fator importante para o crescimento e desenvolvimento da soja é a temperatura média do ar durante seu ciclo. A maior intensidade de desenvolvimento da planta de soja verifica-se quando a temperatura média do ar está em torno de 30°C. Acima disso, ela exerce efeito depressivo sobre o desenvolvimento da planta (Barni & Matzenauer, 2000). A faixa de temperatura média do ar ótima para o desenvolvimento da soja, em todo o mundo, situa-se entre 23 e 25°C (Bergamaschi et al., 1978).

Barni & Matzenauer (2000) também verificaram que no último decêndio de setembro, no Rio Grande do Sul, apenas a região do Planalto Superior (altitudes superiores a 750 m) apresenta temperatura média do ar limitante

(inferior a 15°C), seguida da Serra do Sudeste e Litoral Sul. Entretanto, as temperaturas tidas como ótimas para o crescimento e desenvolvimento da planta de soja ocorrem a partir de meados do mês de novembro, nas regiões mais quentes do Estado, como Baixo Vale do Uruguai, Depressão Central e Alto Vale do Uruguai.

Na soja a temperatura age sobre os processos de germinação, crescimento, floração, frutificação, nas reações químicas da respiração e da fotossíntese e, ainda, na absorção de água e nutrientes. Dessa forma, a temperatura é uma das variáveis meteorológicas mais importantes, afetando não apenas o acúmulo de fitomassa como, também, a duração dos vários estádios de desenvolvimento da espécie, uma vez que, para completar cada subperíodo de desenvolvimento, as plantas necessitam um determinado acúmulo térmico (Schöffel & Volpe, 2002).

Um dos índices mais utilizados para relacionar o grau de desenvolvimento de uma cultura com a temperatura do ar são os graus-dia. O conceito de graus-dia considera que, para completar uma determinada etapa fenológica ou, inclusive, o seu ciclo total, a planta necessita acumular um determinado somatório térmico, a partir de uma temperatura-base favorável ao desenvolvimento, que, por sua vez, é variável com a espécie vegetal (Brunini, et al., 1976). Para Ometto (1981) citado por Silva (1984), é o acúmulo diário de energia que se situa acima da condição mínima e abaixo da máxima exigida pela planta. O sistema de grau-dia pode ser calculado de várias maneiras, utilizando as temperaturas média, máxima e mínima, diariamente, ou em períodos maiores.

Avaliando a relação entre soma térmica e o crescimento da soja, utilizando três cultivares e cinco épocas de semeadura, Schöffel & Volpe (2002)

constataram que o IAF apresentou crescimento inicial lento até aproximadamente 300GD acumulados. Em seguida, o IAF foi crescente até um máximo acúmulo de GD (graus-dia), passando por um intervalo de estabilização para, então, declinar devido à senescência das folhas. De acordo com Camargo et al. (1987), conforme se atrasa a semeadura GD total para a cultura da soja diminui, e isto está relacionado com a diminuição do fotoperíodo.

Schöffel & Volpe (2002) também constataram que, com o adiantamento da semeadura, da época 1 (23/10) para a época 2 (06/11), o IAF máximo aumentou, com valores semelhantes de acúmulo térmico. A partir da época 2 o IAF máximo de cada época de semeadura foi atingido com valores decrescentes de GD acumulados. Nas épocas 4 e 5 (03/12 e 17/12 respectivamente), semeaduras atrasadas, o IAF foi menor do que o IAF produzido nas demais épocas de semeadura, apresentando consideráveis diferenças mesmo em datas de semeadura próximas. No mesmo trabalho os autores constataram que as maiores eficiências de conversão de GD em matéria seca foram obtidas nas épocas em que os IAFs foram maiores. De modo geral, as maiores produtividades foram obtidas nas épocas em que a eficiência de conversão de GD para produção de matéria seca, também foi, mais acentuada, sugerindo que a produtividade de grãos pode estar associada com os GD acumulados e com a matéria seca produzida.

A sensibilidade fotoperiódica da soja varia com o genótipo, e o grau de resposta ao estímulo fotoperiódico é o principal determinante da área de adaptação das diferentes cultivares. Nas cultivares de soja sensíveis, a resposta ao fotoperíodo é quantitativa e não absoluta, o que significa que a floração ocorrerá de qualquer modo, mas, o tempo requerido para tal dependerá do

comprimento do dia, sendo mais rápida a indução com dias curtos do que com dias longos (Rodrigues et al., 2001). Desse modo, a indução floral provoca a transformação dos meristemas vegetativos em reprodutivos (primórdios florais), determinando o tamanho final das plantas e, portanto, seu potencial de rendimento. Geralmente cultivares de maturação tardia são mais sensíveis ao fotoperíodo do que cultivares precoces (Lawn & Byth, 1973; Major et al., 1975).

Bradshaw (1965) afirma que a capacidade de um genótipo em alterar suas características conforme o ambiente em que se encontra pode lhe conferir uma grande vantagem adaptativa, podendo a espécie persistir em um ambiente competitivo se os indivíduos forem fenotipicamente flexíveis.

O período entre a emergência e a primeira folha verdadeira (estádio V1) pode ser definido como pré-indutivo ou juvenil. Nesse período, as plantas de soja são incapazes de perceber estímulo ao fotoperíodo. A partir daí, dependendo do genótipo, a planta adquire a capacidade de perceber os estímulos, que induzem as transformações de seus meristemas vegetativos em reprodutivos (Rodrigues et al., 2001). Estes autores também observaram grande efeito inibitório de fotoperíodo longos e baixas temperaturas na taxa de desenvolvimento da planta de soja.

Avaliando a eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa (α) em soja, Schöffel & Volpe (2001) encontraram os maiores valores durante o período reprodutivo, quando comparados com os valores obtidos para o período vegetativo. Isso está de acordo com Câmara & Heiffig (2000) os quais afirmam que o acúmulo de fitomassa se acentua a partir da expansão do quinto trifólio, intensifica-se durante o final do período vegetativo, mantendo-se elevado até o início do enchimento de grãos (R5), quando se acentua a translocação de

fitomassa dos órgãos vegetativos para os reprodutivos. Também avaliando a eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa (α) em sete épocas de semeadura de soja, Schöffel & Volpe (2001) observaram os maiores valores de α nas épocas 23/10, 06/11 e 19/11/98. Em média, para sete épocas de semeadura, α foi de 1,13 g MJ⁻¹ para a cultivar “IAC 20”, 1,3 g MJ⁻¹ para a “Dourados” e de 1,27 g MJ⁻¹ para a “IAC 8-2”, valores esses muito próximos daqueles registrados nos trabalhos desenvolvidos por Muchow (1985) e Mayers et al., (1991). verificou-se que nas épocas em que foram determinados os menores e os maiores valores de α , para cada cultivar, foram observadas, também respectivamente, as menores e as maiores produtividades de grãos dos cultivares, sugerindo que nas épocas mais eficientes na conversão de radiação fotossinteticamente ativa incidente em matéria seca podem ser obtidas as maiores produtividades desses cultivares.

Para Mayers et al. (1991), citados por Schöffel & Volpe (2001), as diferenças no acúmulo de radiação fotossinteticamente ativa incidente pela combinação genótipo x época de cultivo são devidas às diferenças na irradiância diária e, principalmente, às diferenças na duração do crescimento vegetativo.

Para Schöffel & Volpe (2001), os resultados obtidos da relação entre radiação fotossinteticamente ativa interceptada e fitomassa da parte aérea não são esclarecedores, mas indicam que a máxima produtividade de grãos de soja não está necessariamente associada com a eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa incidente em matéria seca. Para esses autores, aumentos na radiação fotossinteticamente ativa incidente provocam aumentos lineares na produção de matéria seca, enquanto que aumentos de matéria seca provocam alterações na produtividade de forma não linear, indicando que o

potencial para a produção de matéria seca a partir do acúmulo de radiação fotossinteticamente ativa incidente não é similar à produção de grãos.

Pelo fato do fotoperíodo crítico ser constante para uma mesma cultivar, a planta sofre modificações no seu crescimento e desenvolvimento quando é semeada em latitudes diferentes da qual está adaptada, ou em diferentes épocas de semeadura em uma mesma latitude, por ação da duração dos dias que determina o início do processo reprodutivo (Costa, 1996). Segundo o mesmo autor, para obtenção de altos rendimentos a duração normal mínima, do subperíodo emergência-floração, é de 55-60 dias. Quando for menor, diminui a estatura da planta, o número de nós, o número de ramos, a área foliar e o ponto de inserção dos primeiros legumes. Uma estatura mínima é necessária para que a planta apresente, no caule, o número de nós característicos de cada cultivar, os quais vão originar os ramos e as estruturas reprodutivas (Costa, 1996). Em semeaduras realizadas em outubro as cultivares apresentam o seu ciclo máximo de desenvolvimento, mas com o atraso da época de semeadura o subperíodo emergência-floração sofre redução (Costa, 1996).

Diversas pesquisas estão sendo direcionadas à mudança do arranjo de plantas, com a redução dos espaçamentos entre fileiras mantendo-se ou não a mesma população de plantas por unidade de área. Busca-se maiores rendimentos, devido ao aproveitamento mais eficiente da radiação solar, água e dos nutrientes, e menor infestação de plantas daninhas através do fechamento mais rápido do dossel (Burnside & Colville, 1964; Wax & Pendleton, 1968; Kust & Smith, 1969). Lunin & Gallatin (1960) afirmam que o espaçamento de 0,2 m entre fileiras é uma prática de manejo eficiente, pois as plantas daninhas que nascerem

mais tardiamente serão controladas pelo sombreamento proporcionado pelas plantas de soja dispostas em fileiras menos espaçadas.

Em experimento realizado em Dourados – MS, Melhorança & Mesquita (1982) comprovaram que à medida que o espaçamento entre fileiras foi reduzido houve incremento no rendimento de grãos de soja, independente da época de semeadura. Ainda, esses autores, demonstraram que o espaçamento não afeta a duração dos subperíodos emergência à floração e emergência à maturação. Marques & Lin (1982) também alcançaram maiores rendimentos à medida que o espaçamento entre fileiras foi reduzido. Considerando-se a mesma população por unidade de área, houve incremento de 30% no rendimento com a redução de 0,6 para 0,3 m entre fileiras. Pires et al. (1998) demonstraram que a redução no espaçamento incrementou o rendimento de grãos de soja, afetando todos os componentes que determinam o potencial de rendimento da cultura. Ventimiglia et al. (1999) demonstraram que a redução do espaçamento entre fileiras aumentou o rendimento de grãos, como resultado da melhor distribuição espacial das plantas na área.

Ainda quanto aos espaçamentos, Saraiva (2004) verificou que à medida que decresceu o intervalo entre fileiras de plantas de soja diminuiu o peso da matéria seca das plantas daninhas. Portanto, a soja parece competir melhor quando semeada em espaçamentos entre fileiras menores, numa população fixa de plantas por unidade de área.

O rendimento de grãos de soja é determinado pelo número médio de plantas por área, de legumes por área, de grãos por legume e peso médio dos grãos. Dentre esses componentes do rendimento o número de legumes por área é o de maior importância. Com a diminuição do espaçamento entre fileiras de 30

para 15 cm, o número de legumes por área aumenta, mas o número de grãos por legume e peso de grãos não se alteram (Thomas et al., 1998).

Como estratégia de redução de custos de produção, vem-se reduzindo o espaçamento entre fileiras da cultura, de maneira a aumentar a eficiência cultural no processo de competição com as plantas daninhas e reduzir as doses e aplicações de herbicidas de ação pós-emergente. Segundo Heiffig (2002), ao se reduzir o espaçamento entre fileiras sem o devido ajuste da densidade de plantas na fileira, poderemos estar contribuindo para o acamamento da cultura. Por outro lado, se o ajuste resultar em poucas plantas por metro, os cultivares poderão crescer menos em altura e ramificar mais. Desta forma, a faixa populacional de 300.000 a 400.000 plantas de soja por hectare, oficialmente recomendada para o Brasil desde os anos 80, em algumas regiões, vem diminuindo para valores entre 200.000 e 300.000 plantas por hectare, ora mantendo, ora perdendo produtividade, conforme a combinação dos fatores cultivar, época de semeadura e população de plantas.

Para uma mesma densidade de plantas, a diminuição do espaçamento entre fileiras de soja aumenta o número de ramos, comprimento total de ramos e número de nós nos ramos por área (Board et al., 1990). Em experimento avaliando o rendimento de grãos em função do arranjo de plantas e níveis de adubação, Pires et al. (1998) não obtiveram diferenças no rendimento de soja com a redução da população de 40 para 30 plantas m^{-2} devido à compensação (plasticidade) ocorrida na população de 30 plantas m^{-2} .

A soja tolera uma ampla variação na população de plantas, alterando mais sua morfologia do que o rendimento de grãos (Barni et al., 1985). O uso de populações de plantas muito acima da recomendada, além de não proporcionar

acrécimos de rendimento de grãos, pode acarretar riscos de perdas por acamamento e aumento do custo de produção. Por outro lado, densidades muito baixas resultam em plantas de baixo porte, menor competição da soja com plantas daninhas e maiores perdas de colheita (Câmara, 1998).

Teoricamente, para uma planta atingir o seu potencial máximo de produção é necessário que, além de encontrar as melhores condições de solo e clima, sofra o mínimo de competição. Dessa forma, estudos com arranjos de plantas que propiciem melhor distribuição de plantas na área, bem como épocas de semeadura preferências para cada região, são essências para o crescimento e rendimento da soja, amenizando a competição intraespecífica pelos recursos do meio e seus efeitos sobre as plantas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento e características climáticas da região

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada no município de Eldorado do Sul, região ecoclimática da Depressão Central, do Estado do Rio Grande do Sul (30° 05' de latitude e 51° 40' de longitude, com uma altitude média de 40m) (Bergamaschi et al.,2003). O clima da região, segundo classificação climática de Köeppen, pertence à variedade específica Cfa, ou seja, subtropical úmido com verão quente. A radiação solar global é mais elevada no mês de dezembro, com média diária próxima de $500 \text{ cal.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$, enquanto que junho tem a menor média diária, cerca de $200 \text{ cal.cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$. Janeiro e fevereiro são os meses mais quentes, enquanto que junho e julho são os mais frios. A temperatura média anual é de 14,9°C, sendo a média das mínimas de 14,8°C e a média das máximas de 24,3°C. A precipitação pluvial média anual é de 1440 mm, apresentando, freqüentemente, problemas de deficiência hídrica nos meses de novembro a março. As médias mensais de precipitação e temperatura, calculadas entre 1970 a 2000, na EEA/UFRGS, para o período em que foi conduzido o experimento são de 105,6 mm e 22,5°C.

3.2 Características do solo da área experimental

O solo da área experimental pertence à Unidade de Mapeamento São Jerônimo, classificado como Argissolo Vermelho Distrófico típico (Embrapa, 1999). Os solos pertencentes a esta unidade, em sua maioria, são profundos, bem drenados, de coloração avermelhada, textura franco-argilosa com cascalhos, desenvolvidos a partir de granito. As principais características químicas do solo da área experimental eram: argila = 28%; pH = 5,1; índice SMP = 6,2; P = 6,4 mg.dm⁻³; K = 77 mg.dm⁻³; M. O. = 1,8%; Al_{troc} = 0,3 cmol_c.dm⁻³; CTC = 6,8 cmol_c.dm⁻³.

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial. Os tratamentos constituíram de:

- Parcelas: três épocas de semeadura da soja (outubro, novembro e dezembro);
- Subparcelas: dois espaçamentos entre fileiras (20 e 40 cm);
- Sub-subparcelas: quatro populações de plantas (20, 30, 40 e 50 plantas.m⁻²).

As sub-subparcelas experimentais possuíam dimensão de 1,6 x 6 m, considerando como bordadura duas linhas no espaçamento de 20 cm e uma no de 40 cm em cada extremidade lateral e de 0,5 m em cada cabeceira.

No experimento foi utilizada a cultivar de soja BRS 153, desenvolvida pela EMBRAPA Trigo/EMBRAPA Soja, indicada para o Estado pela pesquisa (Reunião...,2003), apresentando as características agronômicas descritas na Tabela 1.

TABELA 1 - Principais características agronômicas da cultivar BRS 153.

Características	BRS 153
Ano de recomendação	1998
Hábito de crescimento	Determinado
Ciclo, semeadura em novembro	Médio (134 dias)
Altura da planta, semeadura em novembro	72 cm
Acamamento	Inexistente
Peso de 100 grãos (g)	18,9
Qualidade da semente	Boa
Teor de óleo (%)	20,0%
Teor de proteína (%)	40,5%

Fonte: REUNIÃO... (2003)

3.4 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em área cultivada sob o sistema de plantio direto, em solo contendo cobertura de $4,8 \text{ t.ha}^{-1}$ de aveia preta (*Avena strigosa*), cuja quantidade foi determinada por ocasião da semeadura. A recomendação de adubação, baseada na análise de solo da área experimental indicou a necessidade de 60 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e de 90 kg.ha^{-1} de K_2O , para rendimentos esperados acima de 3000 kg.ha^{-1} de soja (Bartz et al., 1994). Para assegurar essa necessidade foram aplicados a lanço, antes da semeadura da soja, 120 kg.ha^{-1} de K_2O , 120 kg.ha^{-1} de P_2O_5 na forma de adubo químico da fórmula 5-20-20.

Antes da semeadura, as sementes de soja foram tratadas com fungicida Captan (500 g/100 kg de semente) e inoculadas com estirpes específicas de *Bradyrhizobium japonicum* em meio turfoso, fornecidas pela Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO. A inoculação foi efetuada de acordo com a metodologia proposta na XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul (REUNIÃO..., 2003).

A semeadura da soja foi realizada em três épocas, sendo respectivamente, nas datas de 15 de outubro, 15 de novembro e 17 de dezembro

de 2003, portanto, dentro do período indicado para o cultivo da soja na região da Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul, sendo novembro o período preferencial. Utilizou-se semeadora de parcelas regulada para distribuir as sementes nos espaçamentos entre fileiras desejados (20 e 40 cm), em quantidades correspondentes a uma população de 650.000 plantas.ha⁻¹.

O ajuste das populações para os valores desejados (20, 30, 40 e 50 plantas.m⁻²) foi realizado através de desbaste, quando as plantas estavam no estágio V2 (segundo nó ou primeiro trifólio aberto, de acordo com Costa & Marchezan, 1982) sendo que, inicialmente, realizou-se uma contagem de plantas na área. Após a realização da contagem de plantas na área, antes de se proceder ao desbaste, verificou-se que o número de plantas nascidas era inferior ao pretendido nos tratamentos (20, 30, 40 e 50 plantas.m⁻²). Optou-se, então, por ajustar a população ao nível adequado nas parcelas que a possibilitavam (ou seja, que tinham o número suficiente de plantas) e nas que isso não era possível, trabalhou-se com a população real que havia na área. Ajustando as populações, procedeu-se também a marcação de dez plantas por sub-subparcela. A população de 40 plantas.m⁻² é a indicada pela pesquisa e 20, 30 e 50 plantas.m⁻² correspondem, respectivamente, a 50% menos do indicado, 25% menos ao indicado e 25% superior ao indicado.

O controle de plantas daninhas foi realizado pela utilização dos herbicidas bentazon + sethoxidim (1,2 l.ha⁻¹ + 1,25 l.ha⁻¹), mais adjuvante CE assist (1,5 l.ha⁻¹) em 15/11/03 na primeira época de semeadura, 18/12/03 na segunda época de semeadura e 26/01/04 na terceira época de semeadura, sendo que nesta última utilizou-se o herbicida clethodim (0,4 l.ha⁻¹). Para o controle de pragas, foi utilizado o inseticida endosulfam (500 g.ha⁻¹), para o controle de

lagartas da soja (*Anticarsia gemmatalis*) e percevejo verde (*Nezara viridula*), com aplicações em 01/12/03, 09/01/04 e 05/03/04. Para o controle da broca-das-axilas (*Epinotia aporema*) foi utilizado o inseticida monocrotofós (400 g.ha⁻¹) com aplicação em 30/01/04. Para o controle de fungos foram utilizados os fungicidas benomyl (250 g.ha⁻¹) para o controle da mela da folha (*Rhizoctonia solani* Kühn) em 09/01/04 e tebuconazoli (100 g.ha⁻¹) para controle de míldio (*Peronospora manshurica*) em 19/02/04.

O experimento foi conduzido com suplementação hídrica, para que os níveis de umidade do solo permanecessem adequados para a cultura. Para isso utilizou-se aspersores fixos com diâmetro de irrigação efetivo de 12 metros e vazão média de 10 mm.h⁻¹.

3.5 Coleta de dados e determinações

A caracterização dos estádios de desenvolvimento da soja foi realizada de acordo com a escala proposta por Costa & Marchezan (1982). Considerou-se que as plantas de cada parcela atingiram determinado estágio de desenvolvimento quando mais de 50% delas apresentaram as características morfológicas descritas na escala.

Para estimar a estatura de plantas (V9, R2 e R5) durante a ontogenia da soja foram realizadas medições em cinco plantas marcadas na área útil. Para as determinações destrutivas como área foliar e matéria seca das plantas de soja, amostraram-se 10 plantas, em seqüência na fileira, em cada sub-subparcela, nos estádios R2 (florescimento pleno), R5 (início do enchimento de grãos) e R8 (maturação).

A área foliar foi medida em um integrador de área foliar LI-COR modelo 3100 e o valor obtido em cm² foi dividido pela área de coleta das plantas para o cálculo do índice de área foliar (IAF). A matéria seca foi avaliada colocando-se as amostras de dez plantas em estufa ventilada, à temperatura de 65°C, até peso constante, com posterior pesagem e correção do valor para kg.ha⁻¹.

A taxa de crescimento da cultura (TCC) foi calculada pela fórmula de Radford (1967), adaptada por Pires (1998).

$$\mathbf{TCC = dw/dt}$$

Onde, dw = matéria seca acumulada na parte aérea (g.m⁻²), dt = tempo decorrido entre as amostragens (dias).

O rendimento biológico aparente (R_{Ba}), que representa a quantidade de matéria seca acumulada pela parte aérea da planta, foi calculado pela soma da matéria seca da parte vegetativa e dos grãos, no estágio R₈. O índice de colheita aparente (I_{Ca}), que expressa a eficiência de translocação dos produtos da fotossíntese para as partes economicamente importantes da planta, foi calculado pela fórmula:

$$\mathbf{ICa = \frac{\text{Peso da matéria seca de grãos}}{\text{Rendimento biológico aparente}} \times 100}$$

Para o cálculo da taxa de enchimento de grãos (TEG) foram utilizados os dados obtidos no período reprodutivo, aplicados à fórmula proposta por Costa et al. (1991):

$$\mathbf{TEG = RG/D_{R5+R6}}$$

Onde, RG = rendimento de grãos (g.m⁻²), D_{R5+R6} = período de enchimento de grãos (dias) entre os estádios R₅ e R₆.

Em R8 determinaram-se os componentes do rendimento: número de nós férteis.m⁻², número de legumes.m⁻², número de grãos por legume e peso de 100 grãos nas dez plantas que foram marcadas em cada sub-subparcela. Também foram medidos neste estágio, o comprimento do caule e o número de ramos.m⁻². Estes dados obtidos em R8, foram utilizados para estimar o potencial de rendimento da cultura em R2 e R5, quando aplicados aos valores de estruturas reprodutivas obtidas nestes estádios. Essas estruturas reprodutivas foram quantificadas por meio do mapeamento de plantas (Costa, 1993), onde foram contados o número de flores em R2 (pleno florescimento) e o número de legumes em R5 (início do enchimento de grãos).

As determinações do número de legumes, número de nós férteis e o número de ramos foram efetuados em R8 (maturação), por meio da contagem do número total em dez plantas marcadas, por sub-subparcela e transformado para valores por área. O número de grãos por legume foi calculado dividindo-se o número de grãos pela quantidade de legumes férteis encontrados na amostra. O peso de 100 grãos foi obtido pela pesagem de 100 grãos previamente contados, provenientes das dez plantas coletadas na área útil de cada sub-subparcela. Considerou-se como ramo a estrutura que, desenvolvida a partir de qualquer nó do caule, possuísse no mínimo um nó, caracterizado pela presença de folha. Os ramos que se desenvolveram de outros ramos foram incluídos no nó e no ramo de onde surgiram. Como nó fértil foi considerado o nó que possuísse no mínimo um legume, seja este fértil ou não. Legume fértil foi considerado o legume que possuísse no mínimo um grão completamente desenvolvido.

O rendimento de grãos (kg.ha⁻¹) foi obtido por meio da colheita de 4 m² de cada sub-subparcela, que equivale às duas fileiras centrais no espaçamento

de 40 cm e quatro fileiras no espaçamento de 20 cm, descontando-se bordadura de 50 cm em cada extremidade das fileiras. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância, pelo teste F a 5%, para os fatores época de semeadura e espaçamento entre fileiras. As diferenças entre médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O fator população de plantas foi comparado por análise de regressão.

3.6 Dados meteorológicos do local de execução do experimento

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir de boletins de observações realizadas na Estação Agrometeorológica da EEA/UFRGS, fornecidos pelo Departamento de Agrometeorologia e Plantas Forrageiras da FA/UFRGS. Foram utilizados os dados de temperatura do ar, radiação solar, precipitação pluvial e evapotranspiração de referência (Penman). Com isso foi calculado o balanço hídrico do período de condução do experimento e também a soma térmica (graus-dia).

Para o cálculo dos graus-dia durante o ciclo da cultura, foi considerada como temperatura base inferior (t_b), aquela estabelecida por Camargo et al. (1987), igual a 14°C. O somatório de graus-dia (GD) desde a semeadura até a maturação fisiológica foi calculado pela expressão:

$$GD = \sum_{i=1}^N \{[(T_{max} + T_{min})/2] - t_b\}$$

Em que T_{max} é a temperatura máxima diária do ar (°C), e T_{min} a temperatura mínima diária do ar (°C).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Considerações gerais

Dos fatores utilizados no experimento (época de semeadura, espaçamento entre fileiras e população de plantas), dois promoveram alterações significativas em termos de rendimento de grãos da cultivar de soja BRS 153: época de semeadura e espaçamento entre fileiras.

No que se refere à população de plantas, não ocorreu diferenças significativas no rendimento com a redução na população. Isso pode ser atribuído à compensação em vários componentes do rendimento quando se usa populações menores. Resultados similares a esse foram também obtidos por Carpenter & Board (1997) e Pires (1998). Para Bergamaschi & Barni (1978), variações de populações de plantas de soja de 10 a 90 plantas.m⁻², uniformemente distribuídas, não apresentam respostas significativas em relação à produção de grãos.

Os dados obtidos de rendimento de grãos para o fator espaçamento entre fileiras não diferiram estatisticamente na comparação entre 20 e 40 cm. Ocorreram diferenças estatísticas entre os espaçamentos, na comparação entre as épocas de outubro e dezembro com a semeadura em novembro, onde novembro foi superior nos dois espaçamentos avaliados.

Segundo Pires et al. (2000), a soja apresenta características de alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações na morfologia da planta e nos componentes do rendimento. Essa plasticidade é capaz de compensar mudanças no arranjo de plantas, como os utilizados no experimento.

Portanto, os resultados que seguem contemplam as quatro populações de plantas e os dois espaçamentos entre fileiras de forma conjunta, analisando os efeitos das épocas de semeadura.

4.2 Observações meteorológicas

Do ponto de vista meteorológico, o ano agrícola 2003/2004 pode ser considerado como um ano normal. A temperatura média do ar durante grande parte do experimento esteve próxima à média de 30 anos (Figura 1), e dentro da faixa adequada para o ótimo desenvolvimento da cultura (20 a 25°C segundo Doorenbos & Kassam, 1986), sendo o mês de janeiro o mais quente. A partir do terceiro decêndio de março se observou diminuição na temperatura do ar, chegando a 17°C no segundo decêndio de abril, período no qual a cultura se encontrava em estágio final de R6 e R7, o que possivelmente tenha contribuído para a retenção de folhas verdes, como foi observado nas plantas, principalmente nas que foram semeadas em outubro. Temperaturas baixas no período de maturação da soja, associada à alta umidade, podem provocar atraso na data de colheita, bem como ocorrência de retenção foliar (Embrapa, 1998). A radiação solar global (Figura 2) foi superior à média de 30 anos durante todo o período de condução do experimento, à exceção do segundo decêndio de novembro e

dezembro, quando foi inferior, o que está relacionado com a ocorrência de chuvas e períodos de nebulosidade prolongados.

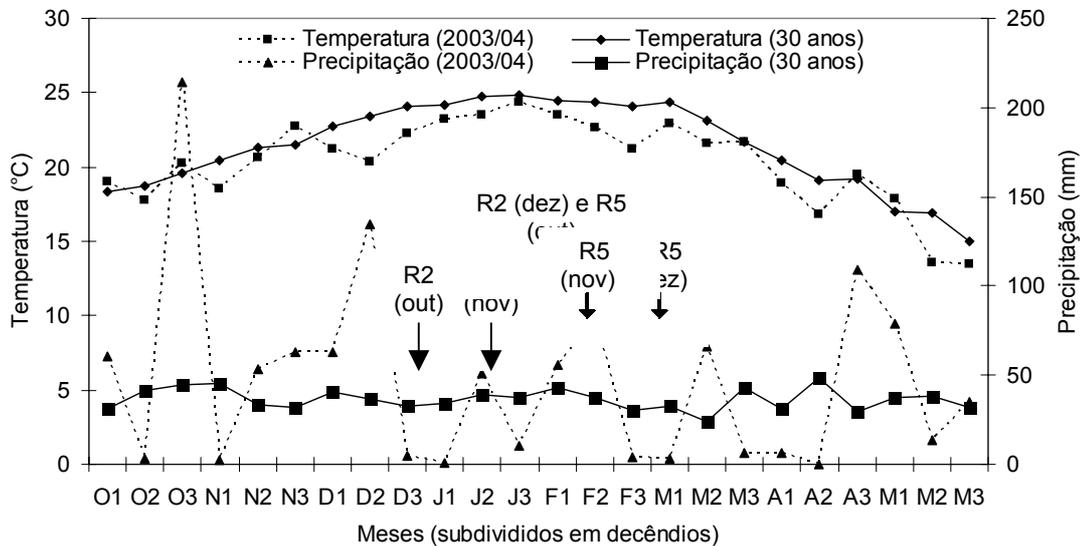


FIGURA 1 - Precipitação pluvial e temperaturas médias de 30 anos (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2003/2004, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos.

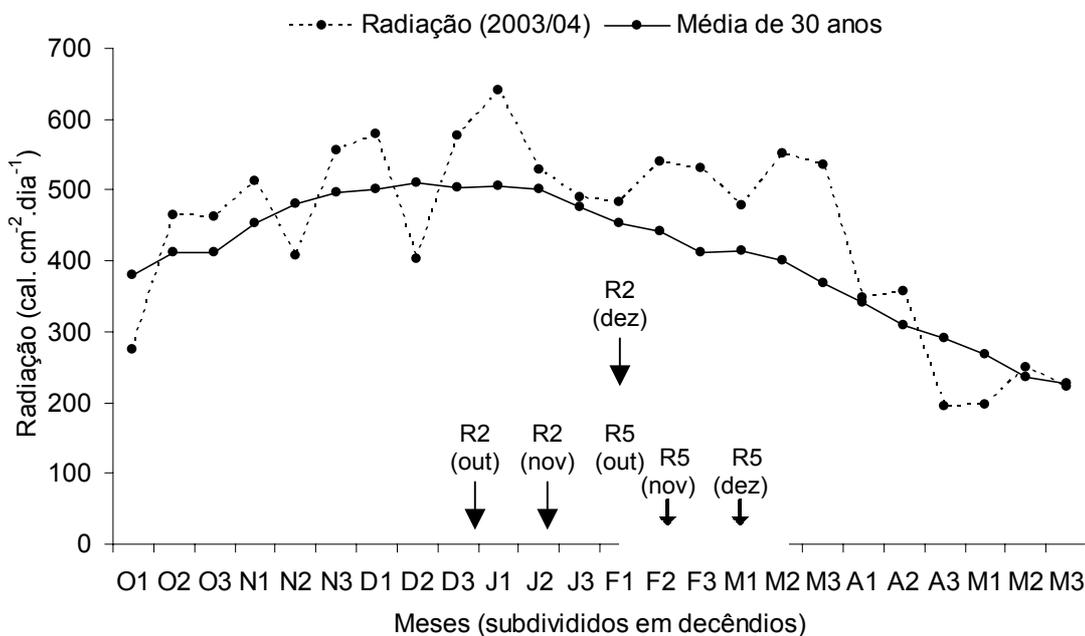


FIGURA 2 - Radiação solar global ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) média de 30 anos (Bergamaschi et al., 2003) e da estação de crescimento de 2003/2004, durante o período de condução do experimento (Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS). EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS. R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos.

De acordo com o balanço hídrico calculado pelo método de Thorntwaite e Mather (Cunha, 1992), houve deficiência hídrica durante grande parte da condução do experimento (Figura 3), período esse que compreendeu do terceiro decêndio de dezembro até o segundo decêndio de abril, quando foram realizadas duas irrigações. A primeira aplicada em 08/01/2004 (30 mm), onde as plantas da primeira época de semeadura (outubro) encontravam-se no estágio R2 (pleno florescimento), as da segunda época (novembro) no estágio V9 para V10 (nono para décimo nó) e as da terceira época (dezembro) em estágio V3 (terceiro nó). A segunda irrigação foi aplicada no dia 08/03/2004, e as plantas da primeira e segunda época de semeadura encontravam-se no estágio R6 (legumes completamente cheios), e as da terceira época em estágio R5 (início do enchimento de grãos). Apesar da aplicação das duas lâminas de água teve-se a ocorrência de deficiência hídrica, principalmente no período de janeiro a maio, quando a precipitação pluvial média mensal foi de 105 mm. Para o período de outubro a dezembro não houve restrição hídrica, ficando a média de precipitação pluvial mensal em 200 mm, sendo 77% superior à normal de 30 anos para o período (113 mm). Devido a isso pôde-se observar perdas de rendimento ocasionadas pelo déficit hídrico.

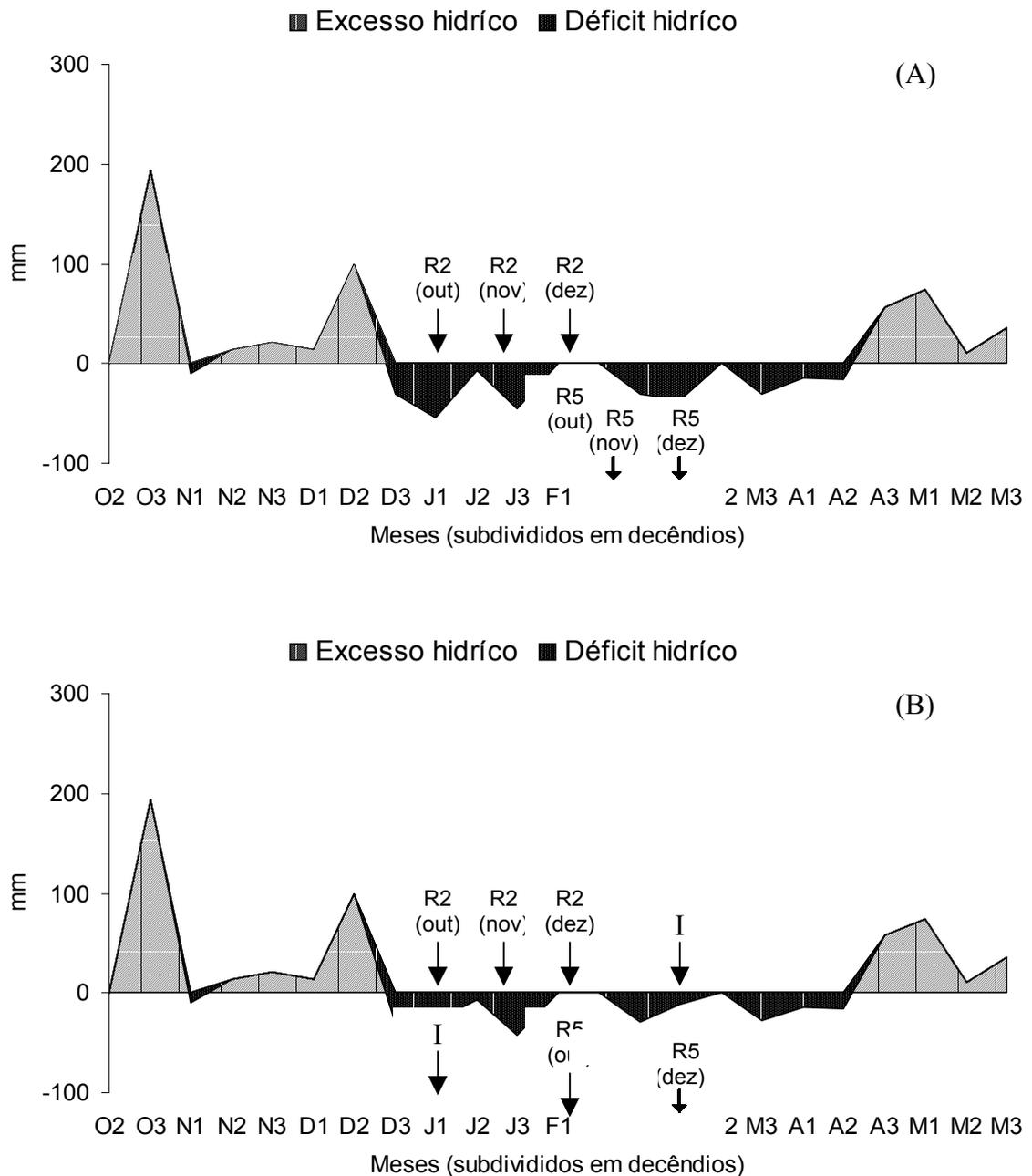


FIGURA 3 - Balanço hídrico sem considerar a irrigação (A), e considerando a irrigação (B), segundo Thornthwaite e Mather (Cunha, 1992), para capacidade de armazenamento de água no solo de 50 mm. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. I = irrigação; R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos.

A duração do ciclo da cultivar, desde a semeadura até a maturação fisiológica (R7), para as três épocas de semeadura, está apresentada na Tabela 2, bem como o acúmulo térmico observado durante o ciclo e a duração do subperíodo semeadura – maturação fisiológica. De modo geral, a semeadura

antecipada (outubro) ocasionou prolongamento do ciclo da cultivar e o atraso da semeadura (dezembro) provocou redução do ciclo.

TABELA 2 – Duração do ciclo da cultivar (dias), soma térmica do subperíodo semeadura – maturação fisiológica e duração do subperíodo semeadura – início do florescimento. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Épocas de semeadura	Duração do subperíodo S – R7	Soma térmica (graus-dia)	Duração do subperíodo S - R1 (dias)
Outubro	156	1272	59
Novembro	137	1175	63
Dezembro	111	1005	51

S = semeadura; R1 = início do florescimento; R7 = maturação fisiológica.

A influência da época de semeadura sobre o acúmulo térmico (Tabela 2), mostra que outros fatores ambientais, como o comprimento do dia com indução fotoperiódica, interfere na acumulação térmica durante o ciclo fenológico (Camargo et al., 1987). Os valores de graus-dia acumulados (Tabela 2) se assemelham com os resultados obtidos por Camargo et al. (1987) para semeaduras realizadas de outubro a dezembro, nas quais obtiveram que os graus-dia acumulados da cultivar de soja “Santa Rosa” de ciclo médio, variaram entre 1565 (16/10) a 1035 graus-dia (18/12).

A precocidade para florescer, em função do atraso da época de semeadura como observado na Tabela 2, é devido à maior sensibilidade das cultivares à redução do comprimento do dia, aliada a ação das altas temperaturas que ocorrem neste período do ano. Segundo Cartter & Hartwig (1967), as diferenças nas datas de floração entre anos, apresentadas por uma cultivar, semeada numa mesma época, são devidas às variações de temperatura. Assim, a floração precoce é devida principalmente à ocorrência de temperaturas mais

altas, podendo esse fato se agravar se, paralelamente ocorrer insuficiência hídrica e ou indução fotoperiódica ocasionada pela redução do comprimento dos dias (Kanthack, 2002). Sobre o efeito da interrelação entre temperatura e fotoperíodo, Parker & Borthwick (1939) concluíram que a iniciação dos primórdios florais foi mais influenciada pelas variações de temperatura durante o período escuro do que durante o período de luz, sendo que a soja não floresce com temperatura noturna abaixo de 14°C. Esta inibição poderia ser considerada como o resultado da influência da baixa temperatura sobre o transporte do estímulo fotoperiódico, que é percebido nas folhas de onde é translocado ao ponto de crescimento. Também em relação à temperatura, Garner & Allard (1930) concluíram que em ambientes com fotoperíodo constante ela influencia grandemente o tempo de florescimento. Segundo Pascale (1969), existe uma relação inversa entre a temperatura média e o número de dias necessários para a floração. Dessa forma, segundo Rodrigues et al. (2001) temperaturas baixas causam aumento no período para que ocorra o florescimento. Parker & Borthowick (1943) observaram que a indução floral foi ótima quando a temperatura nas folhas estava entre 21 e 27°C à noite, e que acima dos 27°C poucos primórdios florais foram formados.

No caso da semeadura em outubro, a floração ocorreu mesmo com o fotoperíodo crescente, o que demonstra o efeito da temperatura na planta. Ou seja, a planta foi induzida a florescer mesmo não tendo condições fotoperiódicas favoráveis para que ocorra o florescimento. Sua indução foi ocorrendo lentamente, aliada a ação da temperatura, ou seja, a planta necessitou de um determinado acúmulo térmico para que ocorresse a floração.

4.3 Rendimento de grãos

O rendimento médio de grãos do experimento foi de 3514 kg.ha⁻¹, sendo os maiores rendimentos (Figura 4) alcançados com a semeadura realizada em novembro em espaçamento de 20 e 40 cm entre fileiras (3891 e 3781 kg.ha⁻¹, respectivamente). Na comparação entre as épocas de outubro e dezembro não ocorreram diferenças estatísticas significativas, tanto em 20 como em 40 cm entre fileiras.

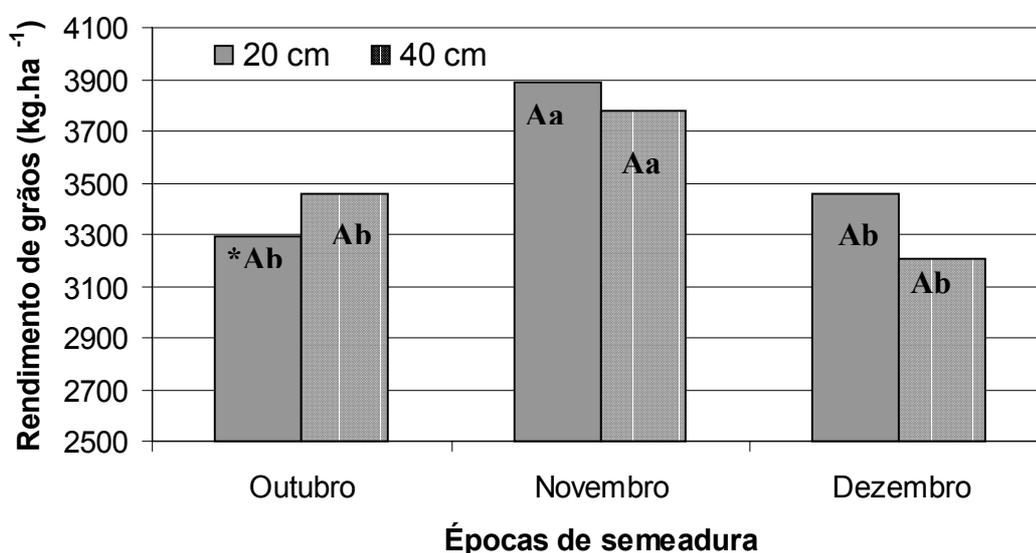


FIGURA 4 – Rendimento de grãos da cultivar de soja BRS 153 em três épocas de semeadura e dois espaçamentos entre fileiras, na média de quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. * Médias seguidas de mesma letra maiúscula na época de semeadura e minúscula entre as épocas no mesmo espaçamento entre fileiras não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na média dos espaçamentos, a semeadura em novembro resultou em rendimento de grãos 14 e 15% superior às semeaduras em outubro e dezembro respectivamente, o que representa um aumento substancial de rendimento (461 kg.ha⁻¹ e 507 kg.ha⁻¹ na comparação com outubro e dezembro, respectivamente)

só pelo ajuste da melhor época de semeadura, o que demonstra a importância desta ferramenta de manejo.

A inexistência de diferença estatística significativa para o fator espaçamento entre fileiras, nas épocas de semeadura, pode estar associada à plasticidade que a soja apresenta, ou seja, a sua grande capacidade de se adaptar às condições do meio. Diversos trabalhos, nos quais foram utilizados espaçamentos de várias amplitudes, mostram desde a não ocorrência de resposta até 40 % de acréscimo no rendimento, pela redução do espaçamento. Essas pesquisas evidenciam que, quando existe um fator limitante ao desenvolvimento das plantas, como estresse hídrico, deficiência de nitrogênio e acamamento, o arranjo de plantas com menor espaçamento entre fileiras pode perder as suas vantagens em relação ao espaçamento maior (Sediyama et al., 1972; Cooper & Jeffers, 1984; Ventimiglia, 1996; Maehler et al., 2003;). Dentre os fatores citados acima, a falta de água e o acamamento foram os que ocorreram durante a execução do experimento. O acamamento foi observado principalmente nas plantas semeadas em outubro, no espaçamento de 20 cm, em decorrência do grande desenvolvimento vegetativo ocasionado pelo fotoperíodo longo que atrasa o florescimento e impede as plantas de cessarem o seu crescimento em altura e o aumento de matéria vegetativa.

Em relação à época de semeadura, o maior rendimento de grãos alcançado em novembro é consequência, principalmente, da grande disponibilidade de energia solar no ambiente durante o ciclo fenológico das plantas, além das condições fotoperiódicas e térmicas favoráveis que proporcionaram um maior acúmulo de matéria seca nos órgãos vegetativos da parte aérea das plantas, que foi revertido em elevado rendimento de grãos.

Constatou-se ainda que, tanto a antecipação como o atraso da semeadura, em relação a novembro, ocasionaram decréscimo de rendimento. Tais resultados são similares aos verificados na literatura (Nakagawa et al., 1983), nos quais o atraso da semeadura ocasionou uma diminuição da produção, atribuída, principalmente, à diminuição do ciclo cultural, como consequência do efeito do fotoperíodo e, às vezes, aliada à ação de baixas temperaturas ou à falta de umidade no solo.

Levando-se em conta que a soja apresenta grande sensibilidade à variação do fotoperíodo, em relação às principais características agrônômicas, quando uma mesma cultivar é semeada em latitudes diferentes, ou mesmo dentro da mesma latitude, em épocas diferentes (Bergamaschi et al, 1977), a análise do crescimento da cultura e dos componentes do rendimento são imprescindíveis para o melhor entendimento do rendimento de grãos.

4.4 Variáveis de crescimento das plantas

Na comparação entre as épocas de semeadura, o índice de área foliar (IAF) foi crescente de R2 (pleno florescimento) para R5 (início do enchimento de grãos) para todos os períodos de semeadura (Figura 5), chegando a um máximo de 6,8 em R5, para a semeadura realizada em outubro; 6,1 para a época de novembro e 6,2 para a semeadura de dezembro, não sendo essas diferenças estatisticamente significativas. O menor IAF em R2 (pleno florescimento) ocorreu quando a semeadura foi realizada em dezembro, o que pode ser atribuído à menor duração do período vegetativo das plantas cultivadas nesta época, em função do fotoperíodo ser decrescente a partir de 22 de dezembro, fazendo com que as plantas floresçam mais rapidamente, encurtando o subperíodo vegetativo (Barni & Matzenauer, 2000; Schöffel & Volpe, 2002).

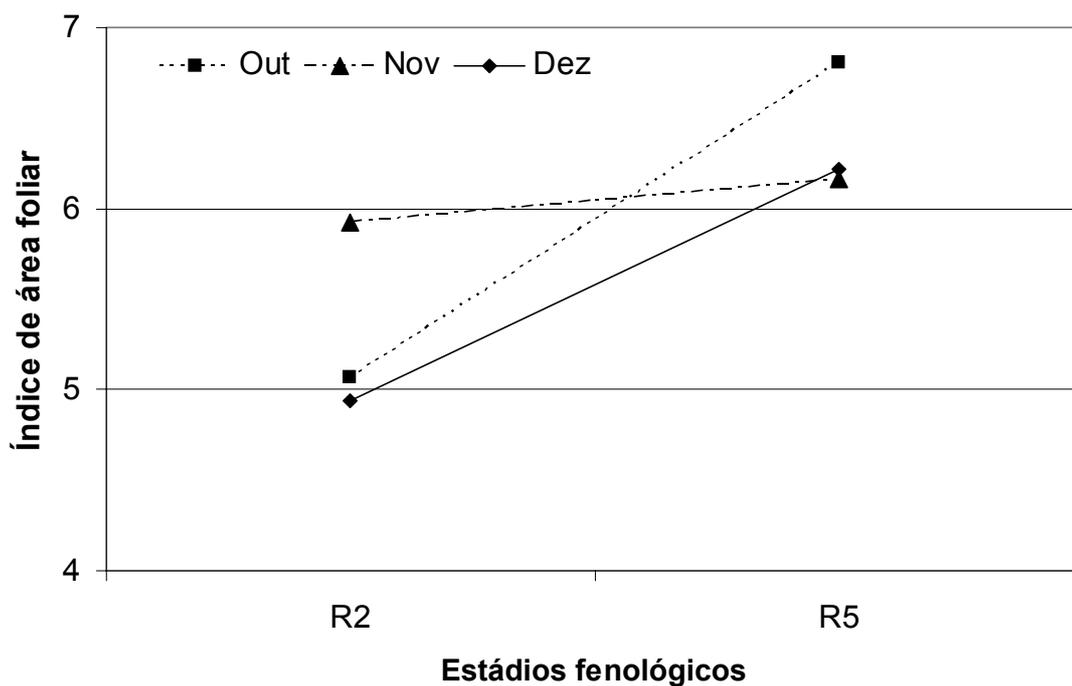


FIGURA 5 – Índice de área foliar da cultivar de soja BRS 153, nos estádios R2 e R5, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos.

No que se refere à estatura de plantas (Tabela 3), a cultivar de soja BRS 153 apresentou maior desenvolvimento quando semeada em novembro, para todos os estádios avaliados, à exceção de V9 (nono nó). O mesmo comportamento foi observado quando se avaliou a matéria seca produzida pela parte aérea das plantas de soja (Figura 6), nas três épocas de semeadura, em que novembro foi a época que proporcionou maior acúmulo de matéria seca nas plantas de soja, nos três estádios avaliados.

TABELA 3 – Estatura de plantas (cm) da cultivar de soja BRS 153 em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Estádio fenológico	Outubro	Novembro	Dezembro	CV (%)
V9	32 b*	35 b	46 a	19
R2	65 b	74 a	66 b	7,4
R5	76 b	88 a	76 b	8,3
R8	74 b	85 a	77 b	7,5

*Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

V9 = nono nó; R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

CV = Coeficiente de variação.

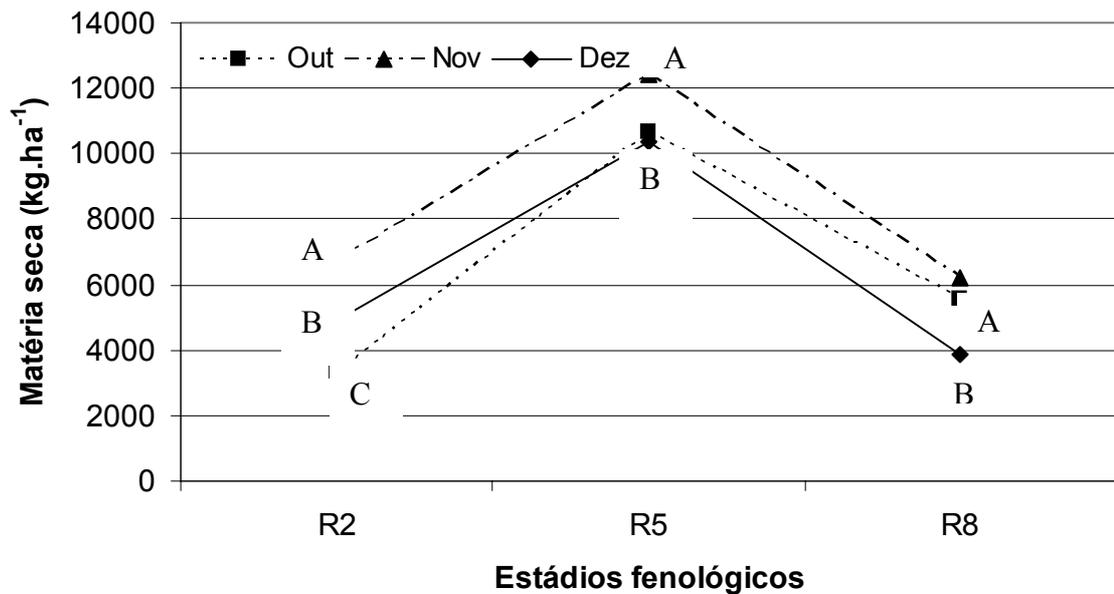


FIGURA 6 – Matéria seca da parte aérea da soja (cultivar BRS 153) em três épocas de semeadura, na média de quatro populações de plantas e dois espaçamentos entre fileiras. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

Para os demais períodos de semeadura, o comportamento diferiu de acordo com o estágio da cultura, tendo em R2 as plantas semeadas em dezembro um maior acúmulo de matéria seca em comparação às semeadas em

outubro. Essa diferença não foi observada em R5 e inverteu-se no estágio R8, quando as plantas semeadas em outubro tiveram um maior acúmulo de matéria seca em relação às semeadas em dezembro. Os resultados são similares aos encontrados por Schöffel & Volpe (2001), que obtiveram melhores resultados de produção de fitomassa quando a semeadura foi realizada em novembro, em consequência da grande disponibilidade de energia solar, além de condições fotoperiódicas e térmicas favoráveis.

A taxa de crescimento da cultura (Figura 7), nas épocas de semeadura, variou de 6,01 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ no subperíodo VE-R2, chegando ao máximo de 13,7 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ em R2-R5 e voltando a decrescer no subperíodo R5-R8, chegando ao mínimo de 2,7 $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

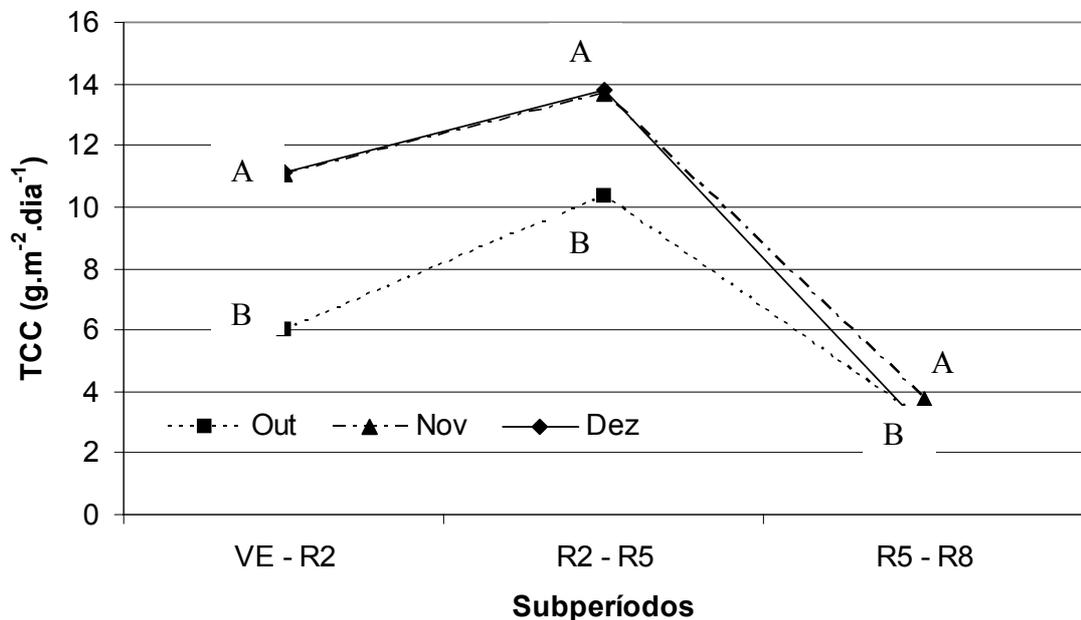


FIGURA 7 – Taxa de crescimento da cultura (TCC) da soja (cultivar BRS 153), em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. VE = vegetativo de emergência; R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

As sementeiras realizadas em novembro e dezembro foram as que proporcionaram as maiores taxas de crescimento, à exceção do subperíodo R5-R8, quando houve uma diminuição do acúmulo de matéria seca nas plantas sementeiras em dezembro. Outubro foi a época de sementeira que apresentou a menor taxa de crescimento durante todo o ciclo da cultura, o que está relacionado ao acúmulo de matéria seca e a duração do ciclo da cultivar semeada nesta época, que foi longo.

Esses resultados, de certa maneira, vêm ao encontro aos obtidos com a matéria seca da parte aérea (Figura 6). A maior taxa de crescimento e produção de matéria seca resulta em maior armazenamento de carboidratos (Board et al., 1990), o que influencia positivamente o rendimento de grãos. Elevado índice de área foliar (IAF) e acúmulo de matéria seca pela comunidade de plantas representam a capacidade de desenvolvimento de aparato fotossintético, órgãos de reserva temporários e estrutura de planta. O menor acúmulo de matéria seca (matéria seca e TCC) ocorrido nas plantas sementeiras em outubro, principalmente no subperíodo VE – R2, pode ser atribuído à ação da temperatura do ar. Esta age em vários processos da planta, como o crescimento e as reações químicas da respiração e fotossíntese, influenciando não apenas o acúmulo de fitomassa, como também a duração dos vários estádios de desenvolvimento da espécie, uma vez que, para completar cada subperíodo de desenvolvimento, as plantas necessitam um determinado acúmulo térmico. Temperaturas baixas ocorreram durante o período inicial do experimento (de 15 de outubro a meados de dezembro), principalmente à noite, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento das plantas.

A Tabela 4 mostra que houve diferença significativa nas variáveis taxa de enchimento de grãos (TEG), rendimento biológico aparente (RBa) e índice de colheita aparente (ICa) entre as épocas de semeadura. Dezembro foi a época que teve a maior TEG e ICa, seguidos por novembro e outubro, respectivamente. Nas semeaduras de outubro e dezembro essas diferenças na TEG ocorreram principalmente devido à duração do período de enchimento de grãos, já que na variável rendimento de grãos não houve diferença estatística. Na variável RBa novembro foi a época que proporcionou a maior produção de matéria seca vegetativa e de grãos pelas plantas no estágio R8 (maturação), seguida por outubro e dezembro que não mostraram diferença estatística.

TABELA 4 – Taxa de enchimento de grãos (TEG), rendimento biológico aparente (RBa), índice de colheita (ICa) em R8*, duração do enchimento de grãos (DEG) e rendimento de grãos da cultivar de soja BRS 153 em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Características de crescimento	Época de semeadura			CV (%)
	Outubro	Novembro	Dezembro	
TEG (g.m ⁻² .dia ⁻¹)	17 c**	20 b	23 a	9
RBa (g.m ⁻²)	950 b	1204 a	803 b	37
ICa (%)	40 c	47 b	52 a	9
Rendimento (kg.ha ⁻¹)	3376 b	3836 a	3329 b	9
DEG (dias)	19	19	14	

**Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. CV = Coeficiente de variação. *R8 = maturação.

Analisando esses resultados, evidencia-se que a semeadura em novembro proporcionou um melhor desenvolvimento das plantas com maior produção de matéria seca, que é fonte de reservas para os órgãos reprodutivos da planta. Porém, o seu suprimento de fotoassimilados aos órgãos reprodutivos não foi tão eficiente quanto na semeadura em dezembro. Analisando os parâmetros avaliados em conjunto, verifica-se que outubro foi a época de

semeadura com a menor produção de matéria seca e partição de assimilados aos órgãos reprodutivos.

A análise de crescimento demonstrou que a época de semeadura de novembro se destaca em relação às demais épocas na maioria dos parâmetros avaliados, refletindo, posteriormente, em rendimento de grãos mais elevado. Nesse sentido, é importante ressaltar que o produtor rural pode aumentar o rendimento de grãos somente pela escolha da melhor época de semeadura.

Com base nos resultados pode-se verificar a importância da análise das variáveis de crescimento das plantas, possibilitando, com isso, um bom entendimento da dinâmica de crescimento da cultura durante o ciclo de desenvolvimento, e como essas respostas interferem no rendimento final da soja. A determinação dessas variáveis é uma importante ferramenta que pode auxiliar no entendimento da estimativa do potencial de rendimento da cultura e dos componentes do rendimento.

4.5 Estimativa do potencial de rendimento

Para Doorenbos & Kassan (1979), o potencial de rendimento é definido como a produção de grãos por unidade de área de cultivos bem adaptados às condições climáticas locais, sem limitação de água no solo, sem limitações de nutrientes minerais, e sem competição com plantas daninhas ou danos provocados por pragas e doenças. Segundo Pires (1998), o potencial de rendimento seria o possível rendimento que a cultura da soja obterá se as condições ambientais fossem adequadas, dentro do sistema de cultivo e das práticas de manejo adotadas, possibilitando a fixação máxima das estruturas reprodutivas produzidas pelas plantas presentes nos estádios avaliados. Segundo

o mesmo autor, estimativas do potencial de rendimento da soja podem ser feitas durante a ontogenia, por meio da quantificação das estruturas reprodutivas (flores e legumes), possibilitando verificar o efeito de fatores ambientais e práticas de manejo sobre a produção e fixação dessas estruturas.

O método utilizado no presente trabalho, para estimar o potencial de rendimento da soja, leva isso em conta, e baseia-se na produção e fixação de estruturas reprodutivas (flores e legumes). A forma ou os mecanismos responsáveis pela fixação dessas estruturas, flores e legumes, não se encontram completamente esclarecidos. Existem duas teorias principais: a nutricional e a hormonal. A teoria da limitação nutricional indica que a capacidade fotossintética da planta (fonte) limita a quantidade de estruturas reprodutivas fixadas (demanda) (Maehler, 2000). A segunda teoria indica haver um controle hormonal, em que as estruturas mais desenvolvidas, ou com prioridade de demanda, teriam, além de maior força de demanda, a capacidade de enviar “mensageiros químicos”, inibindo a fixação de flores e legumes menos desenvolvidos (Heithlot et al., 1986). Sabe-se ainda que muitas práticas de manejo como adubação (Ventimiglia, 1996), densidade de semeadura (Domingues & Hume, 1978; Rambo et al., 2004), espaçamento entre linhas (Ventimiglia, 1996; Pires, 1998), irrigação (Maehler et al., 2003) e fatores ambientais como temperatura, fotoperíodo e sombreamento (Van Schaick & Probst, 1958; Jiang & Egli, 1993) afetam a produção e fixação de flores e legumes.

Os resultados do número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja BRS 153 e a estimativa do potencial de rendimento na média dos tratamentos são apresentados nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

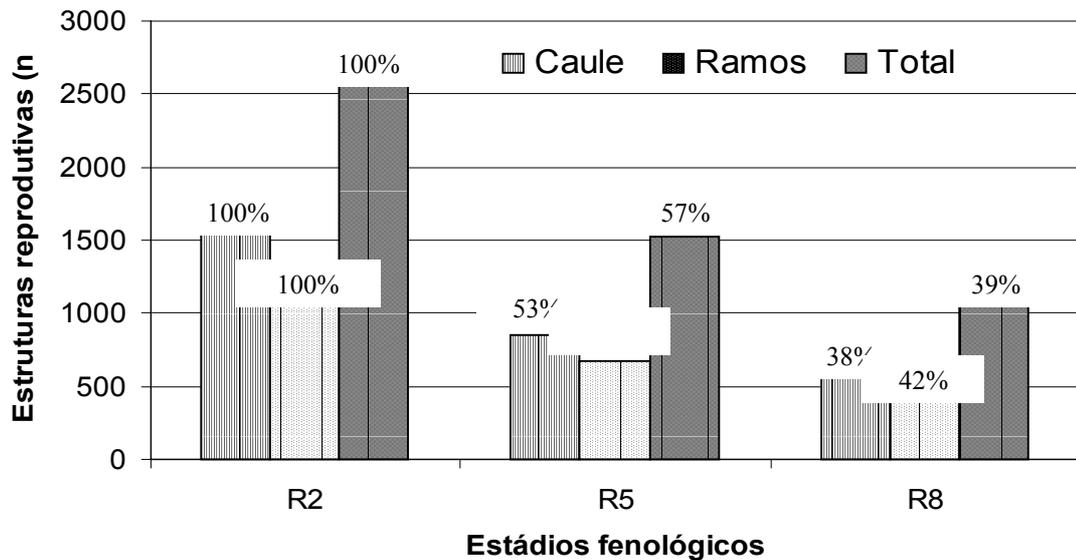


FIGURA 8 – Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja BRS 153, em três estádios de desenvolvimento, em caule, ramos e na planta inteira, na média de três épocas de semeadura, dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = florescimento pleno (flores.m⁻²); R5 = início do enchimento de grãos (legumes.m⁻²); R8 = maturação (legumes férteis.m⁻²).

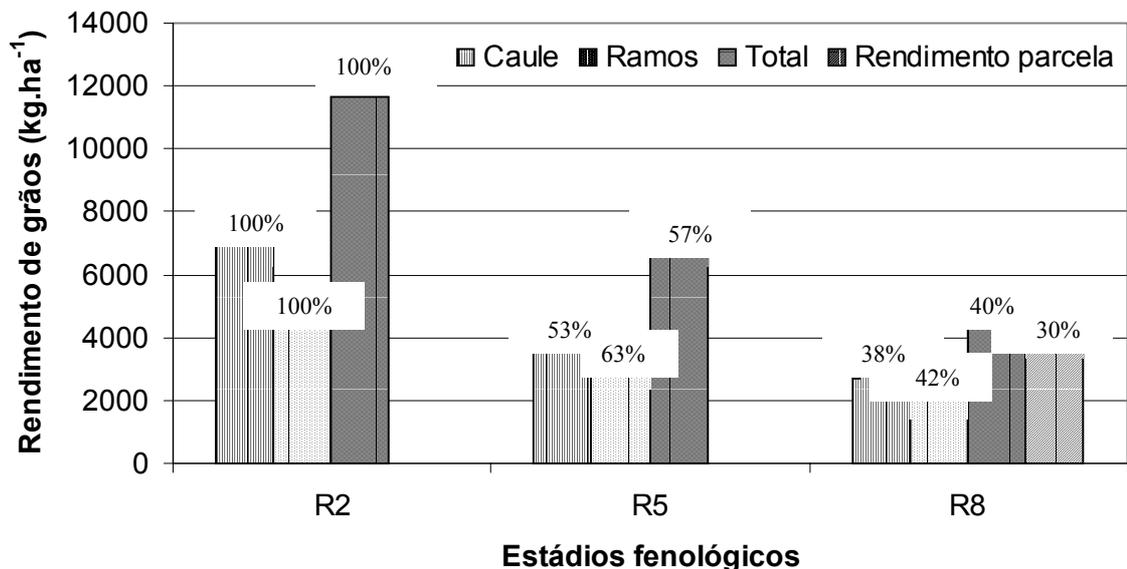


FIGURA 9 – Estimativa do potencial de rendimento da soja em três estádios de desenvolvimento, em caule, ramos e na planta inteira, na média de três épocas de semeadura, dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004. R2 = florescimento pleno; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

Se todas as flores presentes no estágio R2 se transformassem em legumes e chegassem à maturação, o potencial de rendimento seria de 11648 kg.ha⁻¹. No entanto, se todos os legumes presentes em R5 tivessem chegado à maturação, o potencial de rendimento seria de 6694 kg.ha⁻¹, com uma redução de 43%. Porém, o rendimento médio de grãos em R8 foi de 3514 kg.ha⁻¹, com redução de 70% em relação ao potencial produtivo em R2 e 48% em relação ao potencial em R5. Na maioria das cultivares, a maior redução no potencial de rendimento deve-se ao aborto de flores em R2 (pleno florescimento). Segundo McBlain & Hume (1981), taxas altas de aborto de flores normalmente correspondem ao baixo percentual de abscisão de legumes, mas situação inversa também pode ocorrer. Nessas figuras também se pode observar uma maior perda de estruturas reprodutivas e de potencial de rendimento no caule das plantas em relação aos ramos (Figuras 8 e 9).

O potencial de rendimento médio estimado neste trabalho foi menor ao obtido por outros autores (Ventimiglia et al., 1999 – 18000 kg.ha⁻¹; Pires et al., 2000 – 15007 kg.ha⁻¹; Maehler et al., 2003 – 15295 kg.ha⁻¹; Saraiva, 2004 – 15753 kg.ha⁻¹). Essas diferenças podem ser atribuídas à utilização de outras cultivares, bem como pela variação nas condições ambientais entre os anos agrícolas. Hansen & Shibles (1978) também observaram que existe diferenças entre cultivares quanto ao número de flores e legumes produzidos e fixados. Diversos fatores podem interferir, como a deficiência hídrica (Sullivan & Brun, 1975), limitação de disponibilidade de produtos fotoassimilados (Loomis & Connor, 1992) e o controle genético (Van Shaik & Probst, 1958).

Analisando os dados obtidos de potencial de rendimento para o fator época de semeadura (Tabela 5), evidencia-se um maior potencial de rendimento

em R2 nas plantas semeadas em dezembro e novembro, respectivamente. No entanto, verificou-se uma maior redução de potencial de R2 para R5 nas plantas semeadas em dezembro. Este comportamento resultou em rendimento de grãos similar em R8, entre as épocas de outubro e dezembro, embora tenham partido de patamares de potencial de rendimento diferentes. Uma das razões para esse comportamento está apresentada na Tabela 6, que mostra o número de estruturas reprodutivas produzidas em função da época de semeadura. Tal comportamento é semelhante ao apresentado na Tabela 5, em que dezembro e novembro são os dois períodos de semeadura com maior número de flores no estágio R2, sendo que de R2 para R5 dezembro ocasionou a maior taxa de abortamento de estruturas reprodutivas.

TABELA 5 – Estimativa do potencial de rendimento em dois estádios de desenvolvimento e rendimento de grãos, em três épocas de semeadura, em caule, ramos e na planta inteira, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Potencial de rendimento		Estádios fenológicos		
		R2**	R5	R8
		Kg.ha ⁻¹		
Outubro	Caule	4335 b* (100%)	2933 b (68%)	
	Ramos	2593 b	2229 b (85%)	
	Total	6928 b	5163 b (74%)	3376 b (49%)
Novembro	Caule	7573 a (100%)	4955 a (65%)	
	Ramos	6417 a	4163 a (65%)	
	Total	13990 a	9119 a (65%)	3836 a (27%)
Dezembro	Caule	9172 a (100%)	3397 b (37%)	
	Ramos	4852 a	2402 b (49%)	
	Total	14025 a	5799 b (41%)	3329 b (23%)

*Médias seguidas de mesma letra na coluna na mesma parte da planta, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

TABELA 6 – Número de estruturas reprodutivas da cultivar de soja BRS 153, nos estádios fenológicos R2, R5 e R8, no caule, ramos e na planta inteira, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Estruturas reprodutivas		Estádios fenológicos		
		R2** (flores.m ⁻²)	R5 (legumes.m ⁻²)	R8 (legumes férteis.m ⁻²)
Outubro	Caule	997c*	678 b	541 ns
	Ramos	572 b	502 b	336 b
	Total	1569 b (100%)	1180 b (75%)	878 b (56%)
Novembro	Caule	1601 b	1048 a	666 ns
	Ramos	1379 a	893 a	579 a
	Total	2980 a (100%)	1941 a (65%)	1245 a (42%)
Dezembro	Caule	2200 a	820 b	620 ns
	Ramos	1229 a	614 ab	415 ab
	Total	3429 a (100%)	1434b (42%)	1036 ab (30%)

*Médias seguidas de mesma letra na coluna na mesma parte da planta, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

ns = não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade.

**R2 = pleno florescimento; R5 = início do enchimento de grãos; R8 = maturação.

Uma das razões para esse comportamento pode ter sido a redução do ciclo da cultivar em função do atraso na semeadura, que acelerou o florescimento, diminuindo o período vegetativo, e com isso a produção de matéria seca (fonte de assimilados) necessária para garantir o florescimento e a fixação dessas estruturas. Segundo Jiang & Egli (1993) e Bruening & Egli (2000), tanto a produção, como o aborto de estruturas reprodutivas são sensíveis a mudanças no suprimento de fotoassimilados durante o florescimento e fixação de legumes.

Voltando à Tabela 5, também é importante salientar a contribuição relativa de caule e ramos no potencial de rendimento da cultivar. É possível observar que a maior parte do potencial produtivo foi expressa no caule em todas as épocas de semeadura e nos dois estádios avaliados, com um pequeno decréscimo na diferença de contribuição no caule em relação a ramos no estágio R5.

A soja apresenta características de alta plasticidade, ou seja, capacidade de se adaptar às condições ambientais e de manejo, por meio de modificações da planta e nos componentes do rendimento. A forma com que tais modificações ocorrem pode estar relacionada com fatores como tipo de solo, fertilidade, latitude, época de semeadura, população de plantas e espaçamento entre fileiras, sendo importante o conhecimento das interações entre esses, para definição do conjunto de práticas que trariam respostas mais favoráveis à produtividade da lavoura.

4.6 Componentes do rendimento

A análise dos componentes do rendimento utilizados para o cálculo da estimativa do potencial de rendimento possibilita melhor entendimento dos resultados obtidos em relação à estimativa do potencial e também do rendimento de grãos. Verifica-se que houve efeito do fator época de semeadura sobre as variáveis analisadas.

Os três principais componentes do rendimento, em soja, são número de legumes férteis por unidade de área, número de grãos por legume e peso de 100 grãos. Segundo Navarro Júnior et al. (2002), o número de legumes é determinado pelo balanço entre a produção de flores por planta e a porção dessas que se desenvolvem até legumes. O número de flores por planta, por sua vez, é determinado pelo número de flores por nó e pelo número de nós por planta (Jiang & Egli, 1993). O componente número de grãos por legume é fortemente influenciado pelo fato de que a maioria das cultivares modernas é selecionada para formar três óvulos por legume (McBlain & Hume, 1981). Já o peso de grãos

é geneticamente determinado (Pandey & Torrie, 1973), mas pode ser influenciado pelo ambiente.

O número de legumes por metro quadrado (legumes.m⁻²) no estádio R8 foi influenciado pela época de semeadura (Tabela 7). As épocas de novembro e dezembro apresentaram o maior número de legumes.m⁻². Na separação da planta em caule e ramos não houve significância estatística pelo teste F a 5% de probabilidade para o número de legumes.m⁻² no caule. Já nos ramos a semeadura em novembro foi 72% superior a outubro e 42% superior se considerado a planta inteira no componente legume por área. Analisando esse componente é possível entender a vantagem da semeadura em novembro sobre as demais épocas, embora esse parâmetro, isoladamente, não explique toda a vantagem da semeadura em novembro sobre as demais, em termos de rendimento de grãos.

Por esses resultados pode-se inferir que as épocas de semeadura afetaram a produção de grãos, principalmente, por terem ocasionado variações no número de legumes.m⁻². Resultado semelhante foi obtido por Nakagawa et al. (1983).

TABELA 7 – Número de legumes férteis por metro quadrado em caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Legumes por m ²	Épocas de semeadura			CV (%)
	Outubro	Novembro	Dezembro	
Caule	541 ns*	666 ns	620 ns	35
Ramos	336 b	579 a	415 ab	65
Planta inteira	878 b	1245 a	1036 ab	43

*Médias seguidas de mesma letra, na linha não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

ns = não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade.

O número de legumes por área é o componente do rendimento mais variável com a modificação do arranjo de plantas. De acordo com Cooperative...(1994) é o componente do rendimento que mais sofre modificações pela utilização de práticas de manejo diferenciadas, uma vez que o número de grãos por legume e o peso do grãos possuem controle genético substancial e, por isso, apresentam pequena amplitude de variação.

Alguns autores (Singh et al, 1974; Lam Sanchez & Yuyama, 1979; Yuyama, 1979) verificaram que, com o atraso da época de semeadura, ocorre diminuição no número de legumes por planta, sendo tal efeito atribuído à diminuição do ciclo da cultura. No presente trabalho não se verificou tal efeito.

O número de grãos por legume foi modificado com as épocas de semeadura (Tabela 8), mostrando que houve efeito das condições ambientais nesse componente, embora a maioria das cultivares seja selecionada para terem, em sua maioria, legumes com três grãos.

TABELA 8 – Número de grãos por legume em caule, ramos e na planta inteira da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Número de grãos por legume	Épocas de semeadura			CV (%)
	Outubro	Novembro	Dezembro	
Caule	1,91b*	2,08 a	2,09 a	7,2
Ramos	2,01 ns	2,18 ns	1,98 ns	17,1
Planta inteira	1,96 b	2,13 a	2,03 ab	10,2

*Médias seguidas de mesma letra, na linha não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

ns = não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade.

Nas semeaduras em novembro e dezembro a cultivar de soja BRS 153 apresentou no caule 9% mais grãos por legume que na semeadura em outubro e, se considerarmos a planta inteira, estes valores são de 8,7% superiores em

novembro e 3,6% em dezembro. Nos ramos não houve significância estatística pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para o componente peso de 100 grãos, houve efeito significativo do fator época de semeadura (Tabela 9).

TABELA 9 – Peso de 100 grãos (gramas) em caule, ramos e na planta inteira, da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Peso de 100 grãos	Épocas de semeadura			CV (%)
	Outubro	Novembro	Dezembro	
Caule	23,3 a*	22,7 a	19,9 b	6,4
Ramos	22,6 a	21,5 b	19,9 c	8,2
Planta inteira	23 a	22 b	19,9 c	5,9

*Médias seguidas de mesma letra, na linha não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

CV = Coeficiente de variação.

Embora essa seja uma característica determinada geneticamente, condições ambientais e práticas agrônomicas podem influenciá-la (Pandey & Torrie, 1973).

Pela tabela 9 é possível verificar que a semeadura em outubro proporcionou o maior peso de grãos. A explicação para esse maior peso de grãos em outubro é devido à menor produção de estruturas reprodutivas, flores e legumes (demanda de fotoassimilados), como pôde ser visto anteriormente (Tabelas 6 e 7). Com isso, diminuiu a partição de fotoassimilados entre as estruturas da planta, resultando em maior peso de grãos. Segundo Nakagawa et al. (1983), outro aspecto interessante de ser observado é que nem sempre as épocas que foram mais favoráveis para a produção de grãos são as melhores para a obtenção de grãos de maior peso. Isso ocorre porque as condições favoráveis para ter aumento no peso do grão nem sempre são as mesmas para a

produção, pois, apesar de haver uma contribuição do peso do grão na produção, a contribuição maior é do número de grãos (Carter, 1974; Egli, 1975; Queiroz, 1975).

O rendimento de grãos é o resultado da combinação entre os seus componentes. Esses respondem às condições do ambiente e as práticas de manejo. Pela determinação dos componentes é possível estimar o rendimento de grãos que poderia ter sido alcançado se não ocorressem perdas devido a fatores bióticos e abióticos.

Na média dos tratamentos o rendimento de grãos foi de 3514 kg.ha^{-1} , sendo o maior rendimento alcançado com a semeadura em novembro (Tabela 10). A partir dos dados de componentes do rendimento obtidos pelas amostragens realizadas em R8 (maturação) foi possível estimar o rendimento de grãos, que foi, na média dos tratamentos, de 4643 kg.ha^{-1} , aproximadamente 32% superior ao rendimento real das parcelas. Essa diferença é devido a perdas que ocorrem na colheita, principalmente na trilha. Novamente, o maior rendimento de grãos foi obtido na semeadura em novembro e as demais não diferindo entre si.

Dentre as variáveis analisadas o número de legumes férteis por área e o número de grãos por legume foram os componentes do rendimento que determinaram o maior rendimento de grãos na semeadura em novembro, sendo, conseqüentemente, influenciando na estimativa do potencial de rendimento em R2 e R5.

TABELA 10 – Componentes do rendimento, rendimento de grãos e rendimento de grãos calculado da cultivar de soja BRS 153, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Épocas de semeadura	Legumes por m ²	Grãos por legume	Peso de 100 grãos	Rendimento de grãos (kg.ha ⁻¹)	Rendimento calculado (kg.ha ⁻¹)
Outubro	878 b*	1,96 b	23 a	3376 b	3953 b
Novembro	1245 a	2,13 a	22 b	3836 a	5793 a
Dezembro	1036 ab	2,03 ab	20 c	3329 b	4183 b

*Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O número de nós férteis no caule, ramos e na planta inteira e o número de ramos por área em R8 não diferiram entre as épocas de semeadura (Tabela 11), embora possam representar maior superfície fotossintetizante e também potencialmente produtiva, por meio do número de locais para o surgimento de estruturas reprodutivas (Costa, 1996).

TABELA 11 – Número de nós férteis em caule, ramos e na planta inteira, e número de ramos da cultivar de soja BRS 153, no estágio R8*, em três épocas de semeadura, na média de dois espaçamentos entre fileiras e quatro populações de plantas. EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 2003/2004.

Épocas de semeadura	nós férteis.m ⁻²			ramos.m ⁻²
	Caule	Ramos	Total	
Outubro	32 ns**	13,2 b	45 ns	57 ns
Novembro	34 ns	17,5 a	51 ns	76 ns
Dezembro	34 ns	14,7 ab	48 ns	81 ns
Média	33	15	48	71
CV (%)	30,7	32	29,4	55

**Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

ns = não significativo pelo teste F à 5% de probabilidade.

*R8 = maturação.

CV = Coeficiente de variação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do experimento possibilitou avaliar o comportamento da soja na Depressão Central do Rio Grande do Sul (RS), frente ao novo calendário de semeadura para o RS proposto por Barni & Matzenauer (2000), que vem sendo utilizado nas Indicações Técnicas para a cultura da soja no RS e em Santa Catarina, e que sugere a ampliação do período de semeadura para o Estado. Foi possível demonstrar que, embora as condições ambientais de clima e solo possibilitem a semeadura antecipada e o atraso da mesma em relação a época preferencial (novembro), essa continua sendo a melhor opção para os produtores.

Um aspecto importante sobre a antecipação da época de semeadura diz respeito ao comprimento do ciclo cultural, que é muito longo. Nesse experimento a cultura atingiu o estágio R7 (maturação fisiológica) com 156 dias. Porém, com 180 dias a campo a cultura ainda mantinha folhas, caule e ramos verdes, tornando-se um problema para a colheita mecanizada. Para contornar esse problema foi utilizada uma prática muitas vezes usada e criticada, principalmente por produtores de sementes. Trata-se da dessecação com herbicida de ação total, que deve ser feita com muito cuidado e respeitando, principalmente o período de carência do produto nos grãos, já que a soja é um produto amplamente usado na alimentação humana e animal.

Esperava-se aumentar o rendimento de grãos da soja com a modificação do arranjo de plantas, por meio da variação na população e redução no espaçamento entre fileiras, o que já foi demonstrado por diversos autores (Saraiva, 2004; Pires, 1998; Rambo, 2002), ocasionado, por entre outros fatores, melhor distribuição de plantas na área e interceptação da radiação solar, beneficiando o crescimento, a formação dos componentes do rendimento e, com isso, o aumento de rendimento de grãos. Entretanto, a falta de resposta para esses dois fatores pode estar condicionada a variáveis ambientais como a deficiência hídrica, que pode ter prejudicado a expressão das vantagens que a semeadura em espaçamento reduzido apresenta. Para Maehler (2000) a disponibilidade hídrica influencia a assimilação, produção e partição de assimilados na soja, sendo que a irrigação em períodos críticos do desenvolvimento da cultura proporciona incremento no crescimento e nos componentes do rendimento, resultando em maior rendimento de grãos.

Esses resultados vêm por confirmar a necessidade da realização de práticas culturais adequadas quando da utilização do espaçamento reduzido a fim de maximizá-las.

6. CONCLUSÕES

1. Dentre as épocas de semeadura avaliadas outubro, novembro e dezembro, o maior rendimento de grãos é obtido com a semeadura em novembro, decorrente do maior número de legumes por área e maior número de grãos por legume.
2. A época de semeadura altera o crescimento da soja, sendo que as plantas semeadas em novembro apresentaram maior crescimento e acúmulo de matéria seca em comparação as semeadas em outubro e dezembro.
3. A semeadura em novembro proporciona incremento no potencial de rendimento de grãos da soja em relação às épocas de outubro e dezembro, devido ao menor aborto de flores e legumes produzidos, maior número de legumes por área e maior número de grãos por legume.
4. A modificação do espaçamento de 40 para 20 cm entre fileiras na mesma época de semeadura não afeta o rendimento de grãos da soja.
5. A população de plantas nos níveis utilizados no experimento não influenciou a resposta da soja no rendimento de grãos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNI, N. A.; GOMES, J. E. S.; GONÇALVES, J. C. Efeito da época de semeadura, espaçamento e população de plantas sobre o desempenho da soja (*Glycine Max.* (L.) Merrill), em solo hidromórfico. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.21, n. 2, p. 245-296, 1985.

BARNI, N. A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptados aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n. 2, p. 189-203, 2000.

BARTZ, H.R. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.

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

BERGAMASCHI, H.; BARNI, N. A.; BERLATO, M. A.; DIDONÉ, I. A. Florescimento precoce da soja na safra 1977/1978. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, n. 21, p. 71-75, out. 1978.

BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; WESTPHALEN, S. L. Épocas de semeadura de soja no Rio Grande do Sul: avaliação e interpretação dos ensaios ecológicos de soja. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, n. 18, p. 07-14, set. 1977.

BERGAMASCHI, H. et al. **Clima da Estação Experimental da UFRGS (e região de abrangência)**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 78p.

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

BOOTE, K. J. Response of soybeans in different maturity groups to march planting in Southern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v.73, p.584-589, 1981.

BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, London, v.13, n. 1, p. 115-155, 1965.

BRUENING, W. P.; EGLI, D. B. Leaf starch accumulation and seed set at phloem-isolated nodes in soybean. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.68, n.2, p.113-120, 2000.

BRUNINI, O. Et al. Temperatura-base para alface cultivar "White Voston" em sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v.35, n.19, p.213-219, 1976.

BURNSIDE, O.C.; COLVILLE, W.L. Soybean and weed yields as affected by irrigation, row spacing, tillage and amiben. **Weeds**, Urbana, v.12, n.2, p.109-112, 1964.

CÂMARA, G. M. S. **Bases de fisiologia da cultura da soja**. Piracicaba: ESALQ/DPV. 2000. 21p.

CÂMARA, G. M. S. Desempenho vegetativo e produtivo de cultivares e linhagens de soja de ciclo precoce no município de Piracicaba – SP. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.403-412, 1998.

CÂMARA, G. M.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G. M. (Coord.) **Soja: tecnologia da produção II**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. 450p.

CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M. A. C. Temperatura-base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.115-121, 1987.

CANFALONE, A.; VILLACAMPA, Y.; CORTÉS, M.; NAVARRO, M. Crescimento de soja en función de la temperatura del aire y de la radiación fotosintéticamente activa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.8, n.3, p. 185-189, 2002.

CARPENTER, A. C.; BOARD, J. E. Branch yield components controlling soybean yield stability across plant population. **Crop Science**, Madison, v.37, n.3, p.885-891, 1997.

CARTER, O. G. Detailed yield analysis of the effect of different planting dates on seven soybean varieties. **Iowa State Journal Research**, Ames, v.48, p.291-310, 1974.

CARTTER, J. L.; HARTWIG, E. E. The management of soybean. In: NORMAN, A. G.. (Ed.) **The soybean: Genetics, Breeding, Physiology, Nutrition, Management**. New York: Academic Press, 1967. p.161-226.

CASTILLO, L. D.; LAYZELL, D. B. Drough stress, permeability to O₂ diffusion, and the respiratory kinetics of soybean root nodules. **Plant Physiology**, Rockville, v.107, n.4, p.1187-1194, 1995.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Contém informações sobre indicadores agropecuários, instrumentos de política, legislação, safras, armazenagens, estoques públicos, classificação vegetal**. Brasília. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 20 ago. 2003.

COOPER, R.L.; JEFFERS, D.L. Use of nitrogen stress to demonstrate the effects of yield limiting factors on the yield response of soybean to narrow row systems. **Agronomy Journal**, Madison, v.76, n.2, p.257-259, 1984.

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

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: I. Manica, 1996. 233p.

COSTA, J. A.; MARCHEZAN, E. **Características dos estádios de desenvolvimento da soja**. Campinas: Fundação Cargil, 1982. 30p.

COSTA, J. A.; TEIXEIRA, M. C. C.; MARCHEZAN, E. Taxa e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de soja e sua relação com o rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.9, p.1577-1582, 1991.

COSTA, J.A. Mapeamento de plantas: uma opção de manejo para altos rendimentos de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 21, 1993, Santa Rosa. **Ata e Resumos...** Porto Alegre: CIENTEC: IPAGRO, 1993. p.192.

CUNHA, G. R.; BARNI, N. A.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T. et al. Zoneamento agrícola e época de semeadura para soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n. 3, p. 446-459, 2001.

CUNHA, G.R. Balanço hídrico climático. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1992. p.63-84.

CURE, J. D.; RAPER JUNIOR, C. D.; PATTERSON, R. D.; JACKSON, W. A. Water stress recovery in soybeans as affected by photoperiod during seed development. **Crop Science**, Madison, v.23, p.110-115, 1983.

DOMINGUEZ, C.; HUME, D. J. Flowering, abortion, and yield of early-maturing soybean at three densities. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.5, p.801-805, 1978.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).

EGLI, D. B. Rate of accumulation in soybeans and its relationship to yield. **Canadian Journal of Plant Science**, Madison, v.55, p. 215-219, 1975.

EGLI, D. B.; GUFFY, R. B.; HEITHOLD, J. J. Factors associated with reduced yields of delayed planting of soybeans. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Madison, v.159, p. 176-185, 1987.

EGLI, D. B.; GUFFY, R. B.; MECKEL, L. W.; LEGGETT, J. E. The effect of source-sink alterations on soybean seed growth. **Annals of Botany**, London, v.55, p. 395-402, 1985.

EGLI, D. B.; LEGGETT, J. E. Dry matter accumulation patterns in determinate and indeterminate soybeans. **Crop Science**, Madison, v.13, p. 220-222, 1973.

EGLI, D. B.; ORF, J. H.; PFEIFFER, T. W. Genotypic variability for duration of seedfill in soybean. **Crop Science**, Madison, v.24, p.587-592, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, 1999. 412p.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil (1998/99)**. Londrina: EMBRAPA/CNPSo, 1998. 182p.

EVANS, L.T. Processes, genes and yield potential. In: BUXTON, D.R.; SHIBLES, R.; FORSBERG, R.A. *et al.* (Ed.) **International Crop Science**. Madison: Crop Science of America, 1993. 895p.

GARNER, W. W.; ALLARD, H. A. Photoperiodic response of soybean in relation to temperature and other environmental factors. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.41, p.719-735, 1930.

HANSEN, W. R.; SHIBLES, R. Seasonal log of the flowering and podding activity of field-grown soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.1, p.47-50, 1978.

HEIFFIG, L. S. **Plasticidade da cultura da soja (*Glycine Max. (L.) Merrill*) em diferentes arranjos espaciais**. Piracicaba: ESALQ, 2002. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HEITHOLT, J. J.; EGLI, D. B.; LEGGETT, J. E. Characteristics of reproductive abortion in soybean. **Crop Science**, Madison, v.26, p.589-595, 1986.

JIANG, H.; EGLI, D. B. Shade induced changes in flower and pod number and flower and fruit abscission in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, n.2, p.221-225, 1993.

KANTHACK, R. A. D. **Épocas e densidades de semeadura para os cultivares IAC 18 e IAC 22 de soja *Glycine max (L.) Merril* na região sudoeste de estado de São Paulo**. Botucatu: UNESP, 2002. 142 F. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

KUST, C.A.; SMITH, R.R. Interaction of linuron and row spacing for control of yellow foxtail and barnyardgrass in soybeans. **Weed Science**, Urbana, v.17, p.489-491, 1969.

LAM SANCHEZ, A.; YUYAMA, K. Época de plantio na cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*), cultivares Santa Rosa e Viçosa em Jaboticabal-SP. **Científica**, São Paulo, v.7, n.2, p.225-234, 1979.

LAWN, R. J.; BYTH, D. E. Response of soya bean to planting date in South-Eastern Queensland. I. Influence of photoperiod and temperature on phasic development patters. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v.24, p. 67-80, 1973.

LOOMIS, R. S.; CONNOR, D. J. **Crop Ecology**: productivity and management in agricultural systems. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 538p.

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

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

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

MAJOR, D. J.; JOHNSON, D. R.; TANNER, J. W.; ANDERSON, I. C. Effects of daylength and temperature on soybean development. **Crop Science**, Madison, v.15, p. 174-179, 1975.

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

MATZENAUER, R.; MALUF, J. R. T.; GESSINGER, G. I. **Relação entre a temperatura do solo e a duração do subperíodo semeadura-emergência em soja**. Porto Alegre: IPAGRO, 1983. Trabalho apresentado na Reunião Anual da soja e outras Oleaginosas, IPAGRO, Porto Alegre, 26 a 28 de julho de 1983. 3p. (Mimeografado).

MAYERS, J. D.; LAWN, R. J.; BYTH, D. E. Agronomic studies on soybean in the dry seasons of the tropics. II. Interaction of sowing date and sowing density. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v.42, n.7, p.1093-1107, 1991.

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

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

MUCHOW, R. C. An analysis of the effects of water deficits on grains legumes grown in a semi-arid tropical environment in term of radiation interception and its use. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.11, n.4, p.309-323, 1985.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Épocas de semeadura da soja: efeitos na produção de grãos e nos componentes da produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.11, p.1187-1198, 1983.

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

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

PARKER, M. W.; BORTHOWCK, H. A. Effect of variation in temperature during photoperiodic induction upon initiation of flower primordial in Biloxi soybean. **Botanical Gazette**, Chicago, v.101, p. 145-167, 1939.

PARKER, M. W.; BORTHOWCK, H. A. Influence of temperature on photoperiodic reactions in leaf blades of Biloxi soybean. **Botanical Gazette**, Chicago, v.104, p. 612-619, 1943.

PASCALE, A. J. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soya en la Argentina. **Revista de la Facultad de Agronomía e Veterinaria**, Buenos Aires, v.17, p.31-38, 1969.

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

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1541-1547, 2000.

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

QUEIROZ, E. F. **Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agrônômicas de quatro cultivares de soja**. *Glycine max (L.) Merrill*. 1975. 129f. Dissertação (Mestrado – Plantas de lavoura) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1975.

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

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

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

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 31., 2003, Porto Alegre. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2003/2004**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 137p.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 32., 2004, Passo Fundo. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina 2004/2005**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2004. 172p.

RODRIGUES, O.; DIDONET, A. D.; LHAMBY, J. C. B.; et al. Resposta quantitativa do florescimento da soja à temperatura e ao fotoperíodo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n. 3, p. 431-437, 2001.

SARAIVA, L. A. T. **Aumento do rendimento de grãos da soja com o manejo de plantas daninhas e espaçamento entre fileiras**. 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado – Plantas de Lavoura) Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pela soja para a produção de fitomassa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n. 2, p. 241-249, 2001.

SCHÖFFEL, E. R.; VOLPE, C. A. Relação entre soma térmica efetiva e o crescimento da soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n. 1, p. 89-96, 2002.

SEDIYAMA, T.; CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C.; ATHOW, K. L. Efeitos de espaçamentos entre e dentro das fileiras de plantio sobre duas variedades de soja, em Viçosa e Capinópolis. **Revista Ceres**, Viçosa, v.9, n.102, p.89-107, 1972.

SEDIYAMA, T.; PEREIRA, M. G.; SEDIYAMA, C. S.; GOMES, J. L. L. **Cultura da soja**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1985. 1ª parte. 96p.

SERRAJ, R.; SINCLAIR, T. R. Variation among soybean cultivars in dinitrogen fixation response to drought. **Agronomy Journal**, Madison, v.89, n.6, p.963-969, 1997.

SHIBLES, R. M.; WEBER, C. R. Leaf area, solar radiation and dry matter production by soybean. **Crop Science**, Madison, v.5, n. 6, p.575-577, 1965.

SILVA, G. A. **Métodos de unidades térmicas para estimativa do comportamento fenológico de genótipos de soja (*Glycine max. (L.) Merrill*)**. 1984. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1984.

SINGH, J. N.; NEGI, P. S.; TRIPATHI, S. K. Effect of planting date, plant population and row spacing on yield and other characteristics of soybean in Tarai region of Uttar Pradesh. **Indian Journal Agricultural Science**, New Delhi, v.44, p.101-105, 1974.

SIONIT, N.; KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.69, n.2, p.274-278, 1977.

SULLIVAN, T. P.; BRUN, W. A. Effects of root genotype on shoot water relations in soybean. **Crop Science**, Madison, v.15, n.3, p.319-322, 1975.

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

VAN SCHAİK, P. H.; PROBST, A. H. Effects of some environmental factors on flower production and reproductive efficiency in soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v.50, n.4, p.192-197, 1958.

VENTIMIGLIA, L. A. **Morfogenia e fisiogenia da soja afetada pelo espaçamento entre fileiras e níveis de fósforo no solo**. 1996. 118f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

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

WAX, L.M.; PENDLETON, J.W. Effect of row spacing on weed control in soybeans. **Weed Science**, Urbana, v.16, p.462-465, 1968.

YUYAMA, K. Ensaio de épocas de plantio sobre várias características agrônômicas na cultura da soja (*Glycine max (L.) Merrill*). **Acta Amazonense**, Aripuanã, v.9, p.419-436, 1979.

8. VITA

Ézio Itamar Gubiani, filho de João Batista Gubiani e Lurdes Torgeski Gubiani, nasceu em 28 de agosto de 1979, em São Martinho, Rio Grande do Sul.

Realizou os estudos de primeiro grau na escola estadual de primeiro grau Monteiro Lobato e o segundo grau na Escola Estadual de primeiro e segundo grau de São Martinho.

Iniciou o curso de graduação na Universidade Federal de Santa Maria, no ano de 1998, graduando-se Engenheiro Agrônomo no ano de 2002. Durante o curso de graduação foi bolsista de iniciação científica do Departamento de Engenharia Rural, com bolsa do CNPq, sob orientação do Prof. Afrânio Almir Rhiges, durante 2,5 anos, trabalhando na área de Irrigação e Drenagem.

Ingressou em março de 2003 no Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Departamento de Plantas de Lavoura, na Área de Fisiologia e Manejo da Cultura da soja, sob a orientação do Prof. José Antonio Costa.

9. APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Análise de variância para a variável rendimento de grãos.

CV	GL	QM	P > F
Blocos	3	296170,590	0,0370
Época	2	2511504,636	<0,0001
Erro (a)	6	522174,025	0,0002
Espaçamento	1	103261,386	0,3084
Época x Espaçamento	2	356319,307	0,0326
Erro (b)	9	173456,404	0,0944
População	3	66009,959	0,5705
Época x População	6	110432,118	0,3571
Espaçamento x População	3	207620,696	0,1076
Época x Espaçamento x População	6	160131,795	0,1541
Erro (c)	54	94647,62	

APÊNDICE 2 – Esquema experimental mostrando a população de plantas pretendida e o número real de plantas estabelecidas na parcela.

Época	Espaçamento (cm)	Plantas/m ²	
		População pretendida	População real da parcela
Outubro	20	20	19
Outubro	20	30	26
Outubro	20	40	32
Outubro	20	50	38
Outubro	40	20	18
Outubro	40	30	26
Outubro	40	40	34
Outubro	40	50	37
Média			29
Novembro	20	20	17
Novembro	20	30	21
Novembro	20	40	24
Novembro	20	50	25
Novembro	40	20	16
Novembro	40	30	21
Novembro	40	40	25
Novembro	40	50	24
Média			22
Dezembro	20	20	20
Dezembro	20	30	28
Dezembro	20	40	35
Dezembro	20	50	37
Dezembro	40	20	17
Dezembro	40	30	23
Dezembro	40	40	32
Dezembro	40	50	32
Média			28
Média geral			26
CV (%)			11,2