

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES



Dissertação

DESEMPENHO DE DUAS CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO
DA POPULAÇÃO DE PLANTAS NA REGIÃO NORTE DO
PARANÁ

DANIEL AUGUSTO SILVEIRA

Pelotas, RS
Outubro de 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
SEMENTES

DESEMPENHO DE DUAS CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO
DA POPULAÇÃO DE PLANTAS NA REGIÃO NORTE DO
PARANÁ

DANIEL AUGUSTO SILVEIRA

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pelotas, sob orientação do Prof. Dr. Paulo Dejalma Zimmer, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Pelotas, RS
Outubro de 2009

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

S587d Silveira, Daniel Augusto

Desempenho de duas cultivares de soja em função da população de plantas na região norte do Paraná / Daniel Augusto Silveira ; orientador Paulo Dejalma Zimmer.- Pelotas,2009.-72f. - Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2009.

1.Glycine max 2.Produtividade 3.População de plantas
4.TMG 4001 5. NK 7074 I. Zimmer, Paulo Dejalma(orientador) II
.Título.

CDD 633.34

DESEMPENHO DE DUAS CULTIVARES DE SOJA EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS NA REGIÃO NORTE DO PARANÁ

AUTOR: Daniel Augusto Silveira

ORIENTADORES: Profº. Paulo Dejalma Zimmer, Dr.
Profº. Geri Eduardo Meneghello, Dr.

Comissão Examinadora

Profº. Paulo Dejalma Zimmer, Dr.
Engº Agrº. Geri Eduardo Meneghello, Dr.
Profº. Leopoldo Baudet Labbé, Dr.
Profª. Maria Angela André Tillmann, Drª.

Dedicatória

Dedico às minhas filhas Catarina e Beatriz, que são minhas fontes de inspiração e energia a quem eu desejo permanecer sempre presente em suas vidas.

Dedico também à minha esposa Maria Regina, quem eu amo, que é minha cúmplice e minha parceira e que sempre esteve do meu lado especialmente nos momentos mais importantes de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus !! Quem me deu o dom da vida, que me mantêm de pé todos os dias.

Agradeço a Deus !! Por te colocado algumas centenas de pessoas em minha vida que me ajudaram a chegar até aqui, em especial todos aqueles que me ajudaram neste trabalho.

Agradeço a Deus!! Porque é Ele quem me sustenta e me chama a caminhar sempre em frente na construção de um mundo melhor. Sem Ele sou menos que nada.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	03
2.1. A densidade de semeadura como ferramenta de apoio aos tratos culturais e o estabelecimento da cultura.....	03
2.2. Época de semeadura e sua importância	04
2.3. Influência da população de plantas na ocorrência de doenças foliares na soja	05
2.4. Relação entre fatores bióticos, abióticos e a população de plantas	05
2.5. Índice de Área Foliar (IAF) versus distribuição espacial	06
2.6. Distribuição espacial de plantas e seus efeitos na fisiologia da soja.....	9
2.7. Plasticidade da soja em relação à falhas no estande.....	12
2.8. Plasticidade da soja em relação à desfolha.....	15
2.9. A lógica da população de plantas relacionada ao custo da semente	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Localização.....	18
3.2. Clima	18
3.3. Solo da área experimental.....	19
3.4. Tratamentos e delineamento experimental.....	19
3.5. Avaliação do vigor das sementes	20
3.6. Características das unidades experimentais	20
3.7. Implantação e condução do experimento	20
3.7.1. Preparo do solo da área experimental	20
3.7.2. Cultivares de soja utilizadas	21
3.7.3. Semeadura e população de plantas.....	21
3.7.4. Adubação de semeadura	22

3.7.5. Tratos culturais e fitossanitários	22
3.8. Avaliações fitotécnicas	23
3.8.1. Altura de plantas	23
3.8.2. Altura de inserção da primeira vagem.....	23
3.8.3. Acamamento	23
3.8.4. Número de vagens por planta	24
3.8.5. Número de grãos por planta.....	24
3.8.6. Número de grãos por vagem.....	24
3.8.7. Massa de grãos por planta.....	24
3.8.8. Massa de mil grãos	25
3.8.9. Produtividade da cultura.....	25
3.9. Análises estatísticas	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Clima	27
4.2. Características de parte aérea das plantas	27
4.2.1 Altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem e acamamento de plantas.....	27
4.3. Componentes de produtividade.....	33
4.3.1. Número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem	33
4.3.2. Massa de grãos por planta, massa de mil grãos e rendimento de grãos	37
4.4. Análise de Correlação Linear ou Pearson	44
4.4.1. População de plantas vs. Altura de Plantas vs. Acamamento	45
4.4.2. População de Plantas e Acamamento vs. Número de Vagens por planta, Número de grãos por plantas e Massa de grãos por Planta.	45
4.4.3. Altura de planta e Acamamento vs. Número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos por planta	46
4.4.4. Número de plantas vs. Número de Vagem por Planta	46
4.4.5. Número de grãos por Planta vs. Número de Vagem por Planta	46

4.4.6.	Massa de grãos por Planta vs. Número de Vagem por Planta, Número de grãos por Planta e Número de grãos por Vagem.....	46
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
6.	CONCLUSÕES.....	50
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas médias máximas e mínimas (°C), ocorridas em Londrina - Pr, no período de novembro de 2008 a março de 2009. (Dados obtidos junto ao IAPAR).....	19
Figura 2 – Efeito da população de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na altura de plantas.....	29
Figura 3 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na altura da inserção da primeira vagem.	31
Figura 4 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no acamamento de plantas.	32
Figura 5 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no número de vagens por planta.....	34
Figura 6 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no número de grãos por planta.	36
Figura 7 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no número de grãos por vagem.	37
Figura 8 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na massa de grãos por planta.....	40
Figura 9 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na massa de mil grãos.	41
Figura 10 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no rendimento de grãos de soja.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características químicas e físicas do LATOSSOLO VERMELHO distrófico da área experimental.	20
Tabela 2 – Características agronômicas das cultivares de soja utilizadas	21
Tabela 3 – Descrição dos tratamentos estudados	22
Tabela 4 – Efeito das cultivares (C) dentro de cada população de plantas ($P_{\text{mil plantas ha}^{-1}}$) na altura de plantas (ALP), na altura de inserção da primeira vagem (AIV) e no acamamento de plantas (ACM).	28
Tabela 5 – Efeito das cultivares (C) dentro de cada população de plantas ($P_{\text{mil plantas ha}^{-1}}$) no número de vagens por planta (NVP), no número de grãos por planta (NGP) e no número de grãos por vagem (NGV).	33
Tabela 6 – Efeito das cultivares (C) dentro de cada população de plantas ($P_{\text{mil plantas ha}^{-1}}$) na massa de grãos por planta (MGP), massa de mil grãos (MMG) e no rendimento de grãos (RG).	38
Tabela 7 – Coeficientes de correlação das características qualitativas e quantitativas da Cultivar TMG 4001 em função de diferentes densidades de plantas: Matriz de correlações de Pearson	44
Tabela 8 – Coeficientes de correlação das características qualitativas e quantitativas da Cultivar NK-7074 em função de diferentes densidades de plantas: Matriz de correlações de Pearson	45

LISTA DE TABELAS DO APÊNDICE

Tabela 1A – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas altura de plantas (ALP), altura de inserção da primeira vagem (AIV) e acamamento das plantas (ACM) 58

Tabela 2A – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e número de grãos por vagem (NGV). 58

Tabela 3A – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas massa de grãos por planta (MGP), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG)..... 58

RESUMO

SILVEIRA, DANIEL AUGUSTO, M.Sc. Universidade Federal de Pelotas - Pelotas. Outubro, 2009. **Desempenho de duas cultivares de soja em função da densidade de semeadura na região norte do Paraná.** Orientadores: Paulo Dejalma Zimmer, Dr. Geri Eduardo Meneghello, Dr.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho das cultivares TMG 4001 e NK7074 em função da população de plantas. O trabalho foi realizado nas dependências da Estação Experimental da TMG, em Cambé, Paraná. Os efeitos dos diferentes stands de plantas foram avaliados através dos seguintes fatores de produção: produtividade, número de grãos por vagem, número de grãos por planta, peso de mil grãos, acamamento, altura final das plantas e altura da inserção da primeira vagem. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos, com tratamentos casualizados e parcelas subdivididas, no esquema fatorial de 2 x 5 com seis repetições. As duas cultivares estudadas foram semeadas em cinco populações (220, 300, 415, 520 e 640 mil plantas ha⁻¹). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, regressão e correlação linear. Com os resultados obtidos foi possível chegar às seguintes conclusões: 1 - Na TMG 4001 houve interação quadrática para produtividade de grãos com populações ideais de 400 a 420 mil plantas por hectare, onde a produtividade foi de 3.662,11 kg.ha⁻¹; Na NK 7074 a interação é linear, sendo 200 mil plantas por hectare a melhor população encontrada com produtividade de 3.288,32 kg.ha⁻¹; 2- Com o teste de correlação de Pearson foi possível inferir que ambas as cultivares apresentam as seguintes interações: • Relação positiva ao acamamento em função de populações elevadas e altura de plantas. • Relação negativa referente ao número de vagens por planta e o número de grãos por planta, e seus efeitos são dependentes da maior ou menor população de plantas por área. • A altura da inserção da primeira vagem e o peso de mil grãos não é influenciada pela variação da população de plantas, nem mesmo pelas possíveis interações fisiológicas devido a isso.

Palavras-chave: *Glycine max.*, população de plantas, produtividade, TMG 4001, NK 7074.

ABSTRACT

SILVEIRA, DANIEL AUGUSTO, M.Sc. Universidade Federal de Pelotas - Pelotas. October, 2009. **Performance of two soybean cultivars regarding plant density in the north region of Paraná.** Advisors: Paulo Dejalma Zimmer, Dr. Geri Eduardo Meneghello, Dr.

The aim of this work was to evaluate the performance of the cultivars TMG 4001 and NK 7074 regarding plant populations. The work was carried out TMG Experimental Plant, in Cambé, Paraná. The effects of the different plant populations were evaluated by the following production factors: productivity, number of grains per pods, number of grains per plant, weight of 1000 grains, lodging, plants height and of first pods insertion height. It was used randomized complete blocks design for the treatments and parcels subdivided, in the factorial 2x5 with six replicates. The two cultivars studied were planted in five populations (220, 300, 415, 520 e 640 thousand plants ha⁻¹). The data were submitted for variance analysis, regression and linear correlation. With the results it was possible to conclude: 1 – In TMG 4001 there was quadratic interaction for productivity with ideal populations of 400 a 420 thousand plants per hectare, where the productivity was 3.662,11 kg.ha⁻¹; In NK 7074 the linear interaction was 200 thousand plants per hectare the best population with productivity of 3.288,32 kg.ha⁻¹; 2- With the Pearson correlation test, it was possible to infer that the cultivars showed the following interactions: positive relation to lodging regarding high population and plants height. Negative relation to the number pods per plant and the grains per plant, and its effects are dependent on the higher or lower population of plants per area. The height of first pods insertion and weight of 1000 grains are not influenced by the variation of the plant populations, even by the possible physiologic interaction due to this.

Key words: *Glycine max.*, plant populations, productivity, TMG 4001, NK 7074.

1. INTRODUÇÃO

A soja é considerada um dos principais componentes econômicos para o agronegócio brasileiro, sendo produzida em diversas regiões do país sob as mais variadas condições edafoclimáticas. Atualmente ocupa uma área de 22,1 milhões de hectares (CONAB, 2009). Além de sua importância econômica, a soja é responsável pela posição de destaque do país no cenário mundial da produção de alimentos, sendo considerado o segundo maior produtor dessa cultura, apresentando grande probabilidade de assumir a primeira posição já em 2015.

O volume total de soja produzido no mundo tem uma relação direta com o clima. No Brasil, as estiagens ocorridas em função do fenômeno La-Niña trazem prejuízos para os agricultores ano após ano. Um dos efeitos do La-Niña foi registrado pelo nono levantamento para acompanhamento da safra 2008/09, efetuado pela Conab no mês de maio de 2009, o qual indicou uma área plantada no Paraná de 4.069.200 hectares, que embora 2,3% superior aos 3.977.300 hectares cultivados na safra 2007/08 apresentou queda na produção passando para 9.509.700 toneladas, 20,1% menor do que a alcançada na safra anterior, de 11.896,1 mil toneladas, reduzindo também a produtividade média em relação à safra passada. A produtividade de 2.337 kg/ha é 21,9% menor do que os 2.991 kg/ha da safra 2007/08. (CONAB, 2009)

O estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja do país com uma estimativa de produção de 17,96 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná com 9,5 milhões de toneladas, Rio Grande do Sul 7,9 milhões de toneladas e Goiás, com 6,8 milhões de toneladas (CONAB 2009).

O destino da produção brasileira é bastante diversificado, sendo que apenas 38% da produção é industrializada. Os outros 62% são comercializados na forma de grãos, sem agregar qualquer valor ao produto final.

Embora a produção mundial de alimentos esteja atendendo a demanda atual, ela deverá acompanhar o crescimento populacional. A maior implicação para essa previsão será a indicação do aumento da eficiência na produção de grãos e a soja está fortemente presente nesse quadro.

As tecnologias que normalmente são adotadas pelos produtores de soja advêm do grande esforço da comunidade científica, que busca

constantemente, o desenvolvimento de novos produtos e manejos objetivando aumento de produtividade das lavouras. Dentre esses esforços, encontra-se o estudo relacionado à qualidade das sementes utilizadas pelos agricultores, e aliado à essa, o conhecimento por parte do agricultor da utilização do adequado estande de plantas e o material adequado para cada realidade é imprescindível para o sucesso do negócio.

Embora o estande utilizado nas lavouras comerciais de soja não apresente grandes variações a campo, é necessário avaliar os possíveis diferenciais entre as cultivares disponíveis do mercado, pois o estande é um dos principais componentes da produtividade e afeta vários outros, produzindo efeitos positivos ou negativos na produtividade final. Baseado nisso, esse trabalho teve por objetivo avaliar a influência da população de plantas no desempenho de duas cultivares de soja (TMG 4001 e NK 7074), em condição de campo, na região Norte do Paraná.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A densidade de semeadura como ferramenta de apoio aos tratos culturais e o estabelecimento da cultura.

Durante o processo de produção as preocupações estão voltadas para os melhores resultados e para tal, faz-se necessário que o processo tenha um bom começo. A obtenção de uma lavoura com população adequada de plantas depende da correta utilização de diversas práticas, dentre as quais destacam-se o adequado preparo do solo, escolha de sementes de qualidade, semeadura na época recomendada, velocidade de plantio, regulação da semeadora, utilização correta de herbicidas, dentre outros (EMBRAPA, 1996).

Até a década de 1980, era comum o plantio da soja em populações superiores de 400 mil plantas/ha. Nessa época, a maior população de plantas visava garantir a supressão das plantas infestantes, pois o efeito residual dos herbicidas de pré-emergência era muito curto. Com o advento dos herbicidas de pós-emergência, essa medida perdeu importância. Outra razão para essas altas populações era reduzir a distribuição irregular de plantas, causada pela menor precisão das semeadoras então utilizadas, compensando com maior número de sementes e sucessivamente com maior número de plantas (EMBRAPA, 2007). Com o passar do tempo, a precisão das semeadoras foi significativamente melhorada, minimizando esse problema. Aliado a isso, houve significativa melhora na qualidade das sementes produzidas no país. Avanços na classificação por tamanho, bem como a adoção do tratamento de sementes garantiu estandes de plantas mais uniformes (WATANABE, 2004).

O tratamento de sementes também contribuiu sobremaneira com a melhoria da qualidade de estande, pois permitiu a germinação das plantas livres de pragas e doenças (HENNING et al., 1994). Além de conferir proteção às sementes, o tratamento oferece garantia adicional ao estabelecimento da lavoura a custos reduzidos, ao redor de 0,5% do custo de instalação da lavoura (HENNING, 2005).

2.2. Época de semeadura e sua importância

A época de semeadura provoca alterações nos componentes de produção e nas características agronômicas da soja, como altura de planta, altura de inserção da primeira vagem, número de ramificações, diâmetro do caule e acamamento (EMBRAPA, 1996).

Em regiões mais quentes, onde é comum a soja apresentar limitação de altura de planta, também em semeaduras realizadas mais cedo, a utilização de populações maiores, em torno de 400 mil plantas/ha, pode contribuir para aumentar o porte das plantas e principalmente contribuir para o fechamento mais rápido das entrelinhas. (EMBRAPA, 2007).

2.3. Influência da população de plantas na ocorrência de doenças foliares na soja

Um importante fator que influencia a ocorrência de doenças na cultura da soja é o estande final de plantas. Nas lavouras do cerrado, por exemplo, a alta intensidade de antracnose é atribuída à maior população de plantas e o estreitamento nas entrelinhas (35 a 43 cm), além do uso de sementes contaminadas. A redução da incidência de antracnose, nessas condições, é beneficiada através de rotação de culturas, maior espaçamento entre as linhas (50 a 55 cm) e população adequada (EMBRAPA 2003). A melhor eficiência de controle ocorre nas populações de plantas em maiores espaçamentos e menor densidade de plantas, que visam diminuir a pressão de inóculo nas áreas de ocorrência da doença (BALARDIN, 2002).

Com a chegada da ferrugem asiática da soja no Brasil e a dificuldade em proteger as folhas baixas das plantas com fungicida, onde iniciam as infecções, com a tecnologia de aplicação praticada e os espaçamentos atualmente utilizados (40 cm a 47 cm), aumentou a importância de se estudar o efeito do espaçamento na eficiência das pulverizações. Esse fato é por vezes citado como uma limitação para um melhor controle dessa importante doença na cultura da soja (EMBRAPA, 2007).

Se por um lado estudos apontam que a ferrugem da soja pode ser minimizada com o aumento do espaçamento, por outro lado, os melhoristas estudam a modificação da arquitetura das plantas e também a redução do número de folhas por planta, sendo possível encontrar atualmente alguns materiais com essa característica.

2.4. Relação entre fatores bióticos, abióticos e a população de plantas

As plantas de soja apresentam uma menor eficiência na extração de água do solo do que algumas plantas infestantes (PROCÓPIO et al., 2005), no entanto possuem maior eficiência no uso da radiação, ou seja, maior quantidade de biomassa acumulada por unidade de radiação captada, superior, por exemplo à *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa* e *Desmodium tortuosum* (SANTOS et al., 2003).

Além da captação de radiação solar, o potencial produtivo da soja depende das condições do meio em que as plantas irão se desenvolver. Assim, alterações relacionadas à população de plantas, dentre outros, podem reduzir ou aumentar os ganhos em rendimento (TOURINO et al. 2002).

Esses ganhos estão relacionados, além da população de plantas, ao arranjo das mesmas na lavoura. A utilização de novas disposições das plantas permite minimizar a competição intra-específica, maximizando o aproveitamento dos recursos ambientais. As modificações no arranjo podem ser feitas por meio da variação do espaçamento entre as plantas na linha de semeadura e da distância entre linhas (PIRES et al., 1998).

Nesse sentido a altura de planta, o fechamento das entrelinhas e o acamamento das plantas, são influenciados pelos fatores que condicionam o crescimento das plantas, ou seja, local (clima), ano, época de semeadura, cultivar e fertilidade do solo, que são os fatores que definem a resposta da soja às variações na produtividade (URBEN FILHO E SOUZA, 1993; LAMBERT et al., 2007; CULTIVARES, 2007).

O crescimento e desenvolvimento de culturas agrícolas também podem ser limitados por fatores como restrição da atividade biológica a uma estreita

faixa de temperatura, incluindo a disponibilidade de energia solar para promover a fixação de CO₂ e a imposição de estresses abióticos, especialmente o suprimento inadequado de água (SINCLAIR, 1994).

2.5. Índice de Área Foliar (IAF) versus distribuição espacial

O rendimento da soja é determinado pela capacidade da planta na interceptação da radiação solar e do acúmulo de matéria seca durante o estágio vegetativo e reprodutivo, sendo nesse último, dependente, também, de outros fatores como condições climáticas, época de semeadura, genótipo, fertilidade do solo, população de plantas e espaçamento entre linhas (WELLS, 1993).

A maior interceptação de radiação solar é determinada pelo Índice de Área Foliar (IAF), que representa a relação entre a área do arranjo foliar da planta e a superfície do solo por ela ocupada e é variável de acordo com espécies vegetais, clima, estações do ano e estágio de desenvolvimento da planta (CÂMARA e HEIFFIG, 2000). O aumento do IAF, até um valor crítico, também aumenta a interceptação de luz e conseqüentemente, a fotossíntese líquida. O “IAF crítico” é definido como a quantidade de folha requerida para interceptação de 95% da radiação solar ao meio dia. Quando a taxa de crescimento é decrescente, abaixo de um dado IAF e, não havendo mais uma contribuição líquida ao acúmulo de fotossintetizados, será denominado “IAF ótimo” (MÜLLER, 1981). Shibles e Weber (1965) também referenciaram o auge do IAF por ocasião do fim da frutificação e início do enchimento de grãos da soja, além de terem constatado dois picos de atividade fotossintética, sendo o primeiro por ocasião do pleno florescimento da soja, para atender o pegamento floral e o segundo por ocasião do início do enchimento de grãos, quando a presença de fotoassimilados se faz necessária ao desenvolvimento das vagens e dos grãos no seu interior.

Alguns resultados de pesquisas têm mostrado que a redução do espaçamento entre linhas pode incrementar a massa seca, aumentar o IAF, reduzindo a competição intra-específica e principalmente, possibilitando a maior e mais rápida interceptação da radiação solar, em virtude da melhor

distribuição das plantas na área, e com isso obtendo maior rendimento de grãos (PIRES et al., 1998, THOMAS et al., 1998; VENTIMIGLIA et al., 1999).

A principal razão da modificação no arranjo de plantas, pela redução do espaçamento entre linhas, é a diminuição do tempo para que 95% da radiação solar incidente seja interceptada pela cultura, e com isso, incrementa-se a quantidade de luz captada por unidade de área e de tempo (BOARD e HARVILLE, 1992).

Em trabalho realizado por Mathew et al. (2000), com enriquecimento de luz em estádios de desenvolvimento da soja, constatou-se um aumento no rendimento devido principalmente ao aumento do número de vagens. Segundo os autores, o enriquecimento de luz, imposto durante os estádios iniciais de desenvolvimento da soja, poderia incrementar a disponibilidade de fotoassimilados para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, e reduzir o aborto de flores e a abscisão de vagens resultando em um maior número dessas. Aumento de rendimento da soja também foi verificado por Board et al. (1992) e Board & Harville (1996), evidenciando que esse incremento, principalmente em cultivo em espaçamento reduzido entre linhas, pode ser atribuído ao incremento da interceptação de luz durante o período vegetativo e período reprodutivo inicial (R1 até logo após R5). Uma das conseqüências da maior interceptação da radiação é que as folhas da porção inferior da planta, que normalmente não atingem seu potencial fotossintético (JOHNSON et al., 1969), aumentam a assimilação de CO₂. Assim, a soja poderia tolerar níveis maiores de desfolhamento quando cultivada em espaçamento reduzido entre linhas do que em espaçamentos amplos, pois as vantagens do espaçamento reduzido (tais como maior área foliar e maior acúmulo de massa seca) permitiriam maior perda de área foliar, resultando na mesma redução da interceptação de luz de plantas menos desfolhadas em espaçamentos maiores, mantendo o rendimento de grãos equivalente em ambos os espaçamentos (PARCIANELLO et al., 2004).

As menores produtividades obtidas nos maiores espaçamentos, conseqüentemente com menor número de indivíduos, talvez sejam decorrentes de menor IAF em função das menores populações combinadas, em que os maiores espaçamentos ficaram abaixo do limite de compensação e

crescimento lateral pelas plantas e, conseqüentemente, abaixo do nível mínimo necessário de captação de luz incidente e necessária para a maximização da produtividade agrícola. (HEIFFIG et al. 2006).

A alteração da área foliar, devido à densidade de população e o tipo de planta, aumentam a percentagem de interceptação da radiação solar e o acúmulo de matéria seca a valores máximos, à medida que a área foliar é incrementada (PORRAS et al., 1997).

Parcianello et al. (2004), observaram que a redução de espaçamento entre linhas de 40 para 20 cm em semeadura direta propicia maior rendimento de grãos da soja tanto para plantas com área foliar intacta quanto desfolhada. Também verificaram que o número de vagens por m² aumentou linearmente em função do incremento de desfolha, quando esta foi realizada em V9, no espaçamento entre linhas de 40 cm. O número de vagens por m² aumentou com o nível baixo de desfolhamento e decresceu com os níveis maiores de desfolhamento quando a desfolha foi realizada em R2. Entretanto, o número de vagens no espaçamento de 20 cm sempre foi superior ao encontrado no espaçamento de 40 cm. A desfolha realizada em R5 afetou quadraticamente o número de vagens por área para o espaçamento de 20 cm. Esse se manteve inicialmente estável e decresceu com níveis maiores de desfolhamento. Já para o espaçamento de 40 cm, observou-se resposta linear com decréscimo do número de vagens à medida que os níveis de desfolhamento aumentaram. Esses dados demonstram que houve efeito benéfico da pequena remoção de área foliar sobre o número de vagens por m², em ambos os espaçamentos, e em todos os estádios, com exceção do estágio R5 no espaçamento de 40 cm. Esse benefício se refletiu no rendimento de grãos. Possivelmente um dos fatores que pode ter contribuído para o aumento do número de vagens foi o aumento da incidência de luz no interior do dossel que possibilitou maior fixação das mesmas e conseqüentemente maior rendimento de grãos, principalmente para o espaçamento de 20 cm. Esses arranjos que proporcionaram melhor distribuição das plantas na área podem ter aumentado a penetração de luz nos estratos inferiores do dossel, aumentando a produção fotossintética, contribuindo com o aumento no rendimento de grãos. Pires et al. (1998), em trabalho objetivando avaliar os efeitos do arranjo de plantas e níveis

de adubação sobre os componentes do rendimento e rendimento de grãos da soja, comentam que, embora não tenha sido determinado naquele trabalho características relacionadas com a penetração de luz na comunidade de plantas, ficou evidente a ocorrência de melhor captação de luz. O número de grãos por vagem não sofreu alterações com a modificação do arranjo de plantas.

2.6. Distribuição espacial de plantas e seus efeitos na fisiologia da soja

Os rendimentos obtidos com a modificação do arranjo de plantas se devem às mudanças morfofisiológicas, podendo ser mais bem entendidas com a análise dos componentes do rendimento e da morfologia da planta. Em trabalho realizado por Board et al. (1990), observou-se que para uma mesma população de plantas, a diminuição do espaçamento entre linhas da soja aumenta o número e o comprimento dos ramos, fato esse confirmado também por Rambo et al. (2003).

No entanto, nesse mesmo trabalho, Board et al. (1990) observaram que o tamanho do grão e o número de grãos por vagem não foram afetados pelo arranjo de plantas, explicando que isso ocorreu em função desses componentes serem determinados no final do ciclo reprodutivo da soja e que, tanto o número de grãos por vagem como o peso do grão tem controle genético substancial e por isso tem pequena variação. Contrariamente a essa afirmação e aos resultados obtidos por alguns autores (PIRES et al., 1998; THOMAS et al., 1998; MAEHLER, 2000), o peso do grão variou em função da interação do fator espaçamento entre linhas e população de plantas. Alguns trabalhos mostram que o peso do grão é alterado pelo arranjo de plantas. Moore (1991) observou que o peso e o tamanho dos grãos aumentaram quando o espaçamento entre plantas era equidistante, e que esse aumento ocorreu também com a diminuição da população.

Quanto à redução do peso do grão, resultante do desfolhamento no estágio R5, a planta, quando perdeu parte ou todas as folhas, não teve a capacidade de produzir folhas novas, tendo que suprir a demanda dos grãos com as reservas das estruturas vegetativas que possuía e com menor fonte de

assimilados, acarretando baixo peso do grão. Segundo Board & Harville (1998), o mecanismo de remobilização tem um importante papel na formação do rendimento de grãos da soja, e na manutenção do rendimento sob estresses, como o desfolhamento que pode ocorrer durante o período efetivo de enchimento de grãos.

Alguns autores, como Rubin (1997) e Pires et al. (1998), mencionam que a população de plantas não interfere na produtividade da soja, utilizando populações que variaram de 08 até 63 plantas.m², dados esses confirmados por Maehler (2000). No entanto, segundo Lam-Sanchez & Veloso (1974) e Urben Filho & Souza (1993), a combinação densidade de plantas na linha de semeadura com o espaçamento entre linhas influencia algumas características agrônômicas da planta de soja, bem como pode modificar a produtividade final.

Quando plantas de soja estão sob competição, seu comportamento é dependente da densidade da cultura. Sob competição, as plantas da cultura tendem a incrementar sua altura, como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas daninhas. Nessa situação o acúmulo de massa seca é reduzido, bem como a área foliar e a relação folhas/ramos. Além disso, alguns índices são normalmente alterados, como a razão de área foliar e a área foliar específica, que auxiliam na descrição do comportamento das plantas sob competição. Todo o estresse causado à cultura tende a se refletir em alterações morfofisiológicas na planta, com reflexo direto na produtividade (LAMEGO et al. 2005).

Ventimiglia et al. (1999) relatam que se todas as flores presentes em R2 (florescimento) se transformassem em vagens, o rendimento poderia ter sido de 18.000 kg ha⁻¹, ao passo que se todas as vagens formadas até R5 (início do enchimento de grãos) alcançassem a maturação, o rendimento seria de 10.000 kg ha⁻¹, enquanto o rendimento alcançado em R8 foi de 4.600 kg ha⁻¹. Esse potencial foi influenciado por diferentes níveis de fertilidade do solo (03 e 15 ppm de fósforo) e por espaçamentos entre linhas (20 e 40 cm).

Para se alcançar elevados índices de produtividade, um dos principais fatores envolvidos é o estabelecimento e um estande com plantas uniformemente distribuídas na linha, utilizando com eficiência os recursos disponíveis no ambiente (TOURINO et al. 2002). De acordo com Rambo et al.

(2003), a melhor distribuição de plantas na área pode contribuir para o aumento da produtividade, pois permite o melhor aproveitamento de água, luz e dos nutrientes disponíveis no solo (VENTIMIGLIA et al., 1999; TOURINO et al. 2002).

Em trabalho apresentado por TOURINO et al. (2002), observou-se que na menor densidade ($10 \text{ plantas m}^{-1}$) existe maior uniformidade na distribuição das plantas dentro da linha, proporcionando aumento de até 400 kg ha^{-1} . Assim, a utilização de menores densidades com plantas uniformemente distribuídas na linha permite maior expressão do potencial produtivo das plantas, pelo melhor aproveitamento dos fatores do meio e dos insumos aplicados. Entretanto, a uniformidade de semeadura de soja acima de 60% dificilmente é atingida pelos sistemas dosadores das semeadoras tradicionais, o que indica a necessidade de aprimoramento desses sistemas, ou a utilização de sistemas mais precisos, como, por exemplo, os pneumáticos, como fator importante para o aumento da produtividade da cultura. (TOURINO et al. 2002).

Conforme já comentado, até a década de 1980 era comum a semeadura da soja na densidade de 400 mil plantas/há. Outro objetivo era também diminuir a desuniformidade na distribuição de sementes, causada pela menor precisão das semeadoras então utilizadas, compensando com maior número de plantas (EMBRAPA, 2007). As máquinas semeadoras melhoraram sua precisão, sanando esse problema. Aliado a isso, houve significativa melhoria na qualidade das sementes produzidas no país e sua classificação por tamanho, bem como a adoção do tratamento das sementes com população de plantas, para diminuir o acamamento, aliado a adoção de cultivares que apresentam menos risco ao acamamento nessas condições (WATANABE, 2004).

Outro aspecto muito importante que deve ser considerado refere-se ao espaçamento entre linhas na cultura da soja. Durante décadas utilizou-se espaçamento de 45 a 50 cm. No entanto, atualmente com a intensificação dos meios de produção, ou seja, o aumento da produtividade por unidade de área, pesquisadores do mundo inteiro dedicam-se a estudos aplicados na redução do espaçamento em soja.

A redução do espaçamento entre linhas tem se constituído numa prática vantajosa. Diversos trabalhos utilizando espaçamentos entre linha de 17cm até 100 cm, têm verificado acréscimos de até 40% no rendimento (HERBERT & LITCHFIELD, 1982; ETHREDGE et al. 1989; BOARD et al., 1990; PIRES et al., 1998; VENTIMIGLIA et al., 1999) quando há a redução do mesmo.

De acordo com Scott e Aldrich (1975), a redução no espaçamento entre linhas proporcionou modificações na quantidade de matéria seca acumulada pelas plantas e fechamento da área de entrelinha que resultaram no incremento significativo de produtividade, fato este corroborado por Pires et al. (1998).

Essa é uma tendência atual na cultura da soja, em que as densidades menores, em torno de 10 a 15 plantas por metro linear, vêm sendo utilizadas com sucesso, pois além de não reduzirem significativamente a produtividade, proporcionam redução nos custos de produção pela redução nos gastos com sementes. Segundo Peixoto (1998) e Rambo et al. (2003), as plantas de soja compensam a redução da densidade aumentando a produção individual de vagens, o que contribui para maior tolerância a essa variação.

2.7. Plasticidade da soja em relação às falhas no estande

A cultura da soja é capaz de suportar grandes reduções na população sem perdas significativas de produtividade. Essa capacidade é dependente da cultivar. Variações na população de plantas de soja não interferem no tamanho e na massa das sementes produzidas (VAZQUEZ et al. 2008).

A plasticidade em relação às falhas no estande está diretamente relacionada à densidade da semeadura e essa densidade na cultura da soja é uma condicionante de manejo que impacta diretamente na produtividade.

A produção por planta decresce quando se aumenta a densidade de plantas na linha de semeadura, devido à maior competição entre plantas dentro da mesma linha, resultando em uma tendência à menor produtividade (NAKAGAWA et al. 1983; REZENDE et al. 1985; PELUZIO et al. 2000; TOURINO et al. 2002).

No arranjo onde o espaçamento entre linhas foi igual ao espaçamento entre plantas na linha, observou-se aumento na produtividade da soja (MOORE, 1991; IKEDA, 1992; EGLI, 1994), entretanto, o alto índice de mecanização da cultura, em todas as suas fases, impossibilita a adoção desse modelo de semeadura. Dessa forma, existe a necessidade de se fazer semeadura em linhas, com espaçamentos bem definidos. Assim, o espaçamento entre as linhas, utilizados na cultura da soja, variam entre 40 e 60 cm (EMBRAPA, 1997), e as maiores produtividades foram constatadas nos menores espaçamentos (CARDOSO & REZENDE, 1987; GARCIA, 1992).

Nos casos em que o aumento da população causa efeito acentuado no acamamento das plantas, populações mais altas podem levar à redução no rendimento de grãos (COOPER, 1971; BALL et al., 2000). Variações entre 200 e 600 mil plantas/ha normalmente não influenciam o rendimento de grãos ou o faz muito pouco, aumentando ou reduzindo, dependendo de diversos fatores (URBEN FILHO E SOUZA, 1993; PEIXOTO et al., 2000; BALL et al. 2000).

Carpenter & Board (1997), em experimento com objetivo de determinar os mecanismos responsáveis pela compensação do rendimento por planta, para variações na população, concluíram que os ajustes no rendimento decorrentes de mudanças na população foram devido às alterações no número de vagens por planta. Esses ajustes resultaram de modificações da matéria seca dos ramos, que afetou o número de nós reprodutivos.

O número de vagens é o componente do rendimento que mais sofre modificações pela utilização de práticas de manejo diferenciadas. Thomas (1992) afirma que as vagens produzidas nos ramos da planta de soja contribuem com até 70% do rendimento de grãos. Segundo Queiroz (1975), a vagem é o componente do rendimento que apresenta maior tolerância à variação da população, sendo o seu número inversamente ao aumento ou redução da população. Esse fato pode ser comprovado por Ethredge et al. (1989), em que obtiveram redução linear no rendimento de grãos das plantas de soja com o aumento da população de plantas, podendo esse fato ser atribuído ao número de vagens. No entanto, essa diminuição pode não acarretar redução no rendimento por área, pois o maior número de plantas compensaria o menor rendimento por planta.

Foi observado também que o número de vagens com um, dois e três grãos da planta inteira diminuiu linearmente com o aumento da população de plantas (RAMBO et al. 2004).

O efeito da população na massa de grãos é variável. Val et al. (1971), dentre outros pesquisadores, afirmam que não há variação na massa de mil sementes com a mudança na densidade de plantas na linha. Peixoto (1998) verificou que, com o aumento da densidade de plantas na linha houve incremento da massa de grãos.

Board et al. (1990) observaram que o tamanho do grão e o número de grãos por vagem não foram afetados pelo arranjo de plantas, explicando que isso ocorreu em função destes componentes serem determinados no final do ciclo reprodutivo da soja.

Os resultados obtidos por alguns autores (PIRES et al., 1998; THOMAS et al., 1998; MAEHLER, 2000) evidenciam que o peso do grão variou em função da interação do fator espaçamento entre linhas e população de plantas. Alguns trabalhos mostram que o peso do grão é alterado pelo arranjo de plantas. Moore (1991) observou que o peso e o tamanho dos grãos aumentaram quando o espaçamento entre plantas era eqüidistante, e que esse aumento ocorreu também com a diminuição da população. Já para alguns autores, os estudos com arranjo de plantas geralmente não têm mostrado efeito no peso do grão da soja (UDOGUCHI & MCCLOUD, 1987; THOMAS et al., 1998; PIRES et al., 1998; PIRES et al., 2000). Esse fato talvez possa ser explicado pelo fato de que a soja apresenta tolerância a uma ampla variação na população de plantas e arranjos, alterando-se mais sua morfologia que o rendimento de grãos (GAUDÊNCIO et al. 1990). O menor efeito na população de soja se deve à capacidade de compensação no uso do espaço entre plantas (PEIXOTO et al., 2000).

A cultura da soja é capaz de suportar grandes reduções de população sem necessariamente sofrer reduções na produtividade. Essa capacidade é dependente do cultivar. Variações na população de plantas de soja não interferem no tamanho e na massa das sementes produzidas (VAZQUEZ et al. 2008). O efeito da densidade de plantas sobre a altura de inserção das primeiras vagens e sobre a altura de plantas foi comentado por Arf (1985), na

qual em baixas populações as plantas tendem a se desenvolver menos, apresentar mais ramificações, maior diâmetro do caule, maior número de vagens por planta e menor altura de inserção das primeiras vagens.

Segundo Marcos Filho (1986), a adaptação das plantas de soja aos espaços disponíveis justifica a falta de resposta em muitos experimentos que visam avaliar esses efeitos sobre a produtividade dessa cultura. Com espaçamento de 45 cm e densidade de 10 plantas m^{-1} , ocorreu maior produtividade por área, possivelmente devido à melhor distribuição espacial das plantas, o que também contribuiu para o aumento da percentagem de sua sobrevivência. Em densidades menores, a produtividade por planta aumenta o que, segundo Garcia (1992) se deve à capacidade da soja em ajustar os componentes de produção (TOURINO et al. 2002).

2.8. Plasticidade da soja em relação à desfolha

A soja é uma planta que suporta determinado nível de redução de área foliar sem que haja decréscimo significativo do rendimento de grãos. A tolerância da soja ao desfolhamento depende do índice de área foliar (IAF), da taxa de fotossíntese, da quantidade de luz interceptada, da distribuição da luz nos estratos da planta e, possivelmente, da partição de fotossintatos entre as estruturas vegetativas e reprodutivas (HAILE et al., 1998b).

Insetos praga desfolhadores atuam modificando a arquitetura do dossel, reduzindo a área foliar efetiva, diminuindo a interceptação da luz, a taxa de crescimento da cultura (TCC), o acúmulo de massa seca (MS) e, conseqüentemente, levando ao decréscimo do rendimento de grãos (HAILE et al., 1998b; GAZZONI & MOSCARDI, 1998).

A habilidade da soja de evitar redução substancial do rendimento após o desfolhamento depende de vários fatores entre os quais estão a intensidade do desfolhamento; o desenvolvimento fenológico da soja na ocasião do desfolhamento; a habilidade da cultivar em tolerar ou compensar o desfolhamento; os fatores ambientais, como radiação, precipitação e fertilidade do solo (PEDIGO et al., 1986).

Segundo Haile et al. (1998a), em trabalho conduzido com cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado e níveis de desfolhamento no estágio R2, reportaram que num ano com precipitação adequada o rendimento de grãos não foi alterado pela desfolha, pois as plantas compensaram a perda de área foliar via atraso na senescência foliar, e retomada do crescimento, com aumento da capacidade de interceptação de luz do dossel desfolhado.

Costa et al. (2003) aplicaram diferentes níveis de desfolhas em estádios reprodutivos da cultivar Ocepar 14 e concluíram que desfolha de 100% promoveu redução significativa do rendimento de grãos, nos estádios R3, R4, R5 e R6, tanto no plantio direto quanto no convencional. Desfolhas de 33 e 67% somente reduziram significativamente o rendimento de grãos quando aplicados em R3 no sistema de plantio direto. No plantio convencional, desfolha de 33% não causou decréscimo no rendimento de grãos em nenhum dos estádios avaliados, enquanto a desfolha de 67% provocou decréscimo significativo no rendimento de grãos no estágio R5.

O estágio R3 é apontado como um dos mais críticos às plantas de soja, para recuperar danos na sua área foliar (TURNIPSEED, 1972; GAZZONI, 1974; SALVADORI & CORSEUIL, 1979; PAIM, 1999, RIBEIRO & COSTA, 2000). De acordo com Shibles et al. (1975), a desfolha altera a relação fonte/dreno, fazendo com que a planta passe por um rearranjo das funções fisiológicas. Pissaia et al. (1982) mencionam que níveis de desfolha causam na planta competição entre partes reprodutivas e vegetativas. A formação de novas folhas ocorre às custas de carboidratos que poderiam ser empregados na formação das vagens. Essa competição é mais acentuada na medida em que os níveis de desfolha aumentam, ocasionando maiores reduções no rendimento de grãos.

2.9. A lógica da população de plantas relacionada ao custo da semente

Como estratégia para redução dos custos de produção, alguns agricultores vêm diminuindo o espaçamento entre as linhas da cultura, bem como as doses e o número de aplicações de herbicidas, a fim de permitir a

eficiência cultural no processo de competição com as plantas daninhas. Ao reduzir o espaçamento entrelinhas sem o devido ajuste da densidade de plantas na linha, o agricultor poderá contribuir para o acamamento das plantas. Por outro lado, se o ajuste da densidade resultar em poucas plantas por metro, as cultivares poderão ter menor crescimento em altura e mais ramificações, entretanto, maior probabilidade de aumento de perdas na colheita, reduzindo-se a produção (HEIFFIG et al. 2006).

Populações muito acima da recomendada, além de acarretar aumentos nos gastos com sementes e um possível acamamento das plantas não proporcionam acréscimos na produtividade (VAZQUEZ et al. 2008).

Menores espaçamentos em uma mesma população proporcionam melhor distribuição espacial das plantas na área, com maior aproveitamento da radiação solar, pois permitem a redução da densidade de plantas nas linhas (TOURINO et al. 2002). Isto, de acordo com Ventimiglia et al. (1999), determina maior potencial de rendimento e produtividade real de grãos, o que justifica o aumento da produtividade obtida por alguns autores como Bullock et al. (1998). Essa é uma tendência atual na cultura da soja, em que as densidades menores, em torno de 10 a 15 plantas m^{-1} , vêm sendo utilizadas com sucesso, pois além de não reduzirem significativamente a produtividade, proporcionam redução nos custos de produção pela redução nos gastos com sementes. Segundo Peixoto (1998), as plantas de soja compensam a redução da densidade, por aumentarem a produção individual de vagens, o que contribui para maior tolerância a essa variação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2008 a abril de 2009, sendo que a semeadura foi realizada em 13 de dezembro de 2008 e a colheita em 14 de abril de 2009.

3.1. Localização

O experimento foi conduzido no campo experimental da empresa Tropical Melhoramento e Genética (TMG), no município de Cambé, na região Norte do Estado do Paraná (coordenadas geográficas: 23°16'59" S e 51°16'59" W), com altitude média de 670m.

3.2. Clima

O clima de Cambé, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo Cfa, definido como clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas no período de verão, contudo sem estação seca definida. Os dados referentes às médias de precipitação pluvial e temperaturas médias máximas e mínimas, observadas no período experimental, encontram-se na Figura 1. Tais informações foram obtidas junto ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina - Pr.

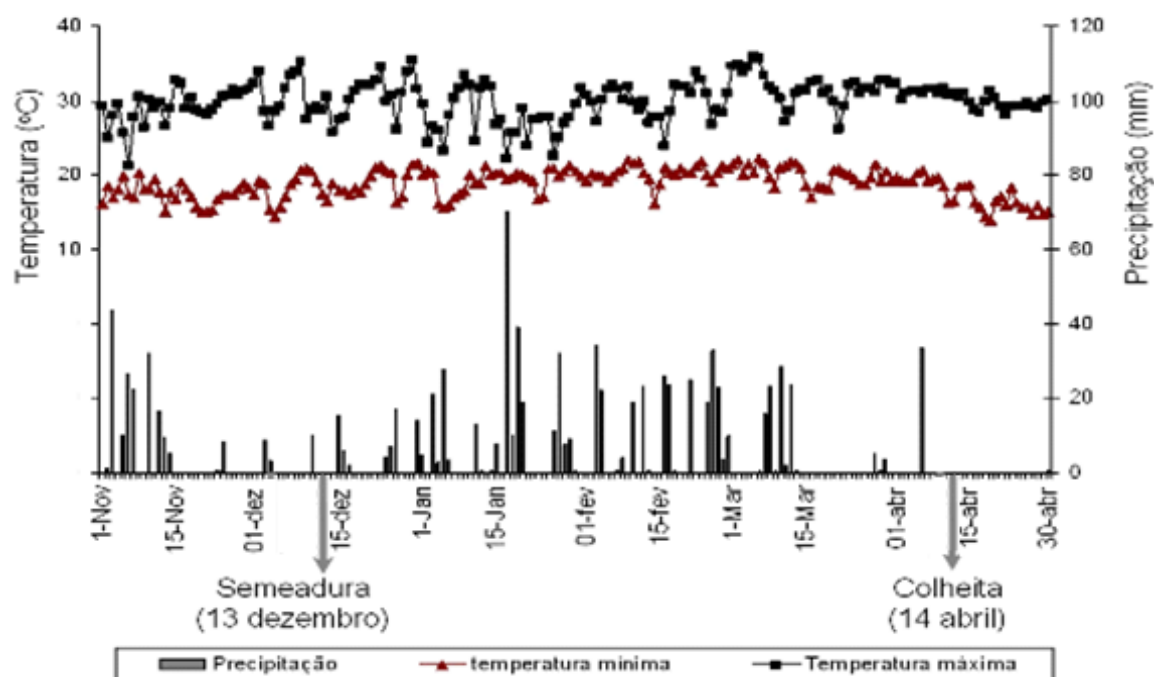


Figura 1 – Precipitação pluvial (mm) e temperaturas médias máximas e mínimas (°C), ocorridas em Londrina - Pr, no período de novembro de 2008 a março de 2009. Fonte: IAPAR.

3.3. Solo da área experimental

O solo da área experimental foi classificado como sendo um LATOSSOLO VERMELHO distrófico (EMBRAPA, 1997), cujas principais características químicas e texturais estão contidas na Tabela 1.

3.4. Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi instalado em um delineamento experimental em blocos completos, com tratamentos casualizados e parcelas subdivididas, no esquema fatorial 5 x 2, com quatro repetições. Os fatores estudados foram: i) fator A - cinco populações de plantas de soja (220.000, 300.000, 415.000, 520.000 e 640.000 plantas ha⁻¹); ii) fator B – duas cultivares de soja (NK 7074 e TMG 4001).

3.5. Avaliação do vigor das sementes

Foram realizados testes de germinação e vigor das sementes e os resultados validaram o plantio de ambos os materiais que apresentaram porcentagem de emergência de 91.4% em condições de campo.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do LATOSSOLO VERMELHO distrófico da área experimental.

Características	Valores
pH em CaCl_2	5,22
C (g dm^{-3})	7,97
P (mg dm^{-3}), Mehlich 1	15,43
K^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Mehlich 1	0,46
Ca^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), KCl 1N	3,75
Mg^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), KCl 1N	1,14
Al^{+3} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), KCl 1N	0,00
$\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), método SMP	4,96
SB ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	5,35
V – Índice de saturação de base (%)	51,87
M – Índice de saturação por Al^{+3} (%)	0,00
CTC ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	10,32
Areia (g kg^{-1})	160
Silte (g kg^{-1})	230
Argila (g kg^{-1})	610

Fonte: Análises realizadas pela Laborsolo, 2008.

3.6. Características das unidades experimentais

Cada parcela experimental foi constituída por oito linhas de plantas com 5,0m de comprimento, espaçadas em 0,5m. As avaliações foram realizadas nas quatro linhas centrais, totalizando 10m^2 de área útil.

3.7. Implantação e condução do experimento

3.7.1. Preparo do solo da área experimental

A área experimental havia sido anteriormente cultivada com aveia preta (*Avena strigosa*, S.), onde para o cultivo da soja foi adotado o sistema de

plantio direto na palha, sendo que o manejo das plantas daninhas foi realizado por meio da dessecação com glifosato (Zapp QI) aplicado na dose de 3L ha⁻¹.

3.7.2. Cultivares de soja utilizadas

Foram testadas as cultivares NK 7074 e TMG 4001, cujas características agronômicas encontram-se descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características agronômicas das cultivares de soja utilizadas.

Cultivar	NK 7074*	TMG 4001**
Ciclo	Precoce	Semiprecoce
Grupo de Maturação	7.4	7.0
Hábito de Crescimento	Determinado	Determinado
Atura de planta	0,66 m	0,80 m
Flor	Branca	Roxa
Pubescência	Marrom claro	Cinza
Hilo	Preto	Preto Imperfeito
Acamamento	Resistente	Tolerante

Fonte: *Syngenta (2009); **TMG (2009).

Em decorrência da estiagem ocorrida antes da semeadura, ela foi adiada por pelo menos em 30 dias, e com isto ambos os materiais foram semeados fora da época recomendada.

3.7.3. Semeadura e população de plantas

Em ambas as épocas, a semeadura foi realizada direto na palha, utilizando-se o espaçamento entre linhas de 0,5m. A mesma foi efetuada com semeadora de plantio direto experimental, a qual proporcionou a distribuição de diferente número de sementes por metro linear de acordo com a população de plantas desejada. As sementes foram dispostas a uma profundidade de cerca de 6 cm da superfície do solo. Os tratamentos são discriminados na Tabela 3.

3.7.4. Adubação de semeadura

A adubação de semeadura foi realizada através do formulado 00-20-10 na dose de 300kg ha⁻¹. A recomendação foi baseada nos resultados da análise de solo da área (Tabela 1).

A adubação de semeadura foi realizada aplicando-se o formulado no fundo do sulco através de semeadora de plantio direto.

Tabela 3 – Descrição dos tratamentos estudados

Tratamentos	Cultivar	População (plantas ha ⁻¹)
1	NK 7074	220.000
2		300.000
3		415.000
4		520.000
5		640.000
6	TMG 4001	220.000
7		300.000
8		415.000
9		520.000
10		640.000

3.7.5. Tratos culturais e fitossanitários

Os tratos culturais e fitossanitários realizados no experimento foram aqueles comuns à cultura da soja. Inicialmente o controle de plantas daninhas foi realizado por meio do manejo (dessecação) e mediante a aplicação em pós-emergência do produto Zapp QI (Glifosato) na dose de 2 L.ha⁻¹.

O controle de pragas iniciais foi realizado por meio do tratamento de sementes com Thiamethoxam (Cruiser 350 FS), na dose de 0,1L 100kg⁻¹ de sementes.

Já o controle da lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*) e lagarta falsa-medideira (*Pseudoplusia includens*) foi realizado com aplicação do inseticida Lufenuron + Profenofós (Curyom), na dose de 0,3L ha⁻¹, e dos percevejos da cultura da soja (*Euschistus heros*, *Nezara viridula* e *Piezodorus guildinii*) foi realizado por meio da aplicação de Thiamethoxam + Lambdacyhalotrin (Egeo

Pleno), na dose de $0,2\text{L ha}^{-1}$. As aplicações foram realizadas conforme os níveis de infestação das pragas atingiram o nível de controle.

Visando evitar danos causados por doenças, especialmente a Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), foram realizadas três aplicações do fungicida Priori Extra (Azoxistrobina + Ciproconazole) + Óleo Mineral (Nimbus), de forma preventiva, nas doses de $0,3\text{L ha}^{-1}$ e 0,5% v/v, respectivamente. As aplicações foram realizadas quando a cultura se encontrava nos estádios R1 (1), R3 (2) e R5 (3).

3.8. Avaliações fitotécnicas

Na etapa final do trabalho foram avaliadas as seguintes variáveis: altura final da planta, altura da inserção da primeira vagem, acamamento, número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de grãos por planta, massa de mil grãos, produtividade da cultura.

3.8.1. Altura de plantas

A determinação da altura das plantas (cm) foi efetuada por meio da mensuração do comprimento do caule (da superfície do solo até o meristema apical da haste principal), sendo avaliadas dez plantas por parcela.

3.8.2. Altura de inserção da primeira vagem

A altura de inserção da primeira vagem (cm) foi determinada por meio da mensuração da distância entre a superfície do solo até a inserção da vagem mais próxima do mesmo. Nesta avaliação foram utilizadas as mesmas 10 plantas usadas para avaliação de altura final de plantas.

3.8.3. Acamamento

Foram consideradas plantas acamadas aquelas que apresentavam inclinação superior à 45° em relação à superfície do solo. A determinação do

acamamento das plantas de soja foi realizada quando as plantas se encontravam no estágio R7. A avaliação foi feita por meio de análise visual, sendo dadas notas às parcelas com base em uma escala de 0 (0% de plantas acamadas na parcela) a 9 (100% de plantas acamadas na parcela).

3.8.4. Número de vagens por planta

O número de vagens por planta foi determinado pela contagem simples das vagens presentes em cada planta, sendo que para tanto, foram coletadas 20 plantas ao acaso por parcela logo após as plantas tenham atingido o estágio R8.

3.8.5. Número de grãos por planta

O número de grãos por planta foi determinado através da simples relação entre a massa de grãos de cada planta com a massa de mil grãos do respectivo tratamento.

3.8.6. Número de grãos por vagem

A determinação do número de grãos por vagem foi realizada com base na razão entre o número de grãos por planta de cada parcela pelo seu número de vagens da respectiva parcela.

3.8.7. Massa de grãos por planta

A massa de grãos por planta foi determinada através da debulha das vagens e pesagem de seus grãos. Determinou-se a umidade das amostras em um determinador digital e, em seguida, os valores de massa obtidos na pesagem das amostras foram corrigidos para umidade de 13%.

Para a correção da umidade foi empregado a seguinte equação:

$$X_{\text{(peso amostra corrigido)}} = P \times 13\% \text{ (Peso amostra aferido x 13\%)} / U\% \text{ (Umidade aferida amostra em \%)}$$

3.8.8. Massa de mil grãos

Após a colheita da área útil das parcelas experimentais foi determinada a massa de mil grãos (MMG), de acordo com a metodologia proposta por Brasil (1992), a qual corresponde à média da massa de oito amostras de cem grãos cada, retiradas de forma aleatória da amostra de cada parcela, pesadas em balança digital de precisão de milésimo de gramas. Após a pesagem, a massa das amostras foi corrigida para umidade de 13%.

3.8.9. Produtividade da cultura

A produtividade foi obtida a partir da colheita e pesagem dos grãos da área útil de cada parcela experimental. A colheita foi realizada com colhedora experimental. Em seguida foi realizada a pesagem dos grãos oriundos das parcelas experimentais (kg parcela^{-1}), sendo posteriormente convertida para kg ha^{-1} após ser corrigida para umidade de 13%.

Para a correção da umidade foi empregado a seguinte equação:

$$X_{\text{(peso amostra corrigido)}} = P \times 13\% \text{ (Peso amostra aferido x 13\%)} / U\% \text{ (Umidade aferida amostra em \%)}$$

3.9. Análises estatísticas

Os dados experimentais obtidos foram submetidos aos testes de homocedasticidade das variâncias (teste de Levene) e de normalidade dos erros (teste de Shapiro-Wilks), utilizando-se o programa estatístico SAS. A seguir, uma vez atendidas as pressuposições básicas da estatística, os dados foram submetidos à análise de variância individual (ZIMMERMANN, 2004), utilizando-se o programa estatístico SISVAR. O modelo matemático adotado foi:

$$Y_{ijk} = m + b_i + A_j + B_k + AB_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = valor observado na ijk -ésima parcela;

m = média geral do experimento;

B_i = efeito associado ao i -ésimo bloco

A_j = efeito do j -ésimo nível do fator A;

B_k = efeito do k -ésimo nível do fator B;

AB_{jk} = efeito da interação do j -ésimo nível do fator A com o k -ésimo nível do fator B;

ε_{ijk} = efeito residual associado ao i -ésimo bloco com o j -ésimo nível do fator A com o k -ésimo nível do fator B;

Independente da obtenção da interação significativa ou não, procedeu-se aos desdobramentos necessários. Isso é necessário, pois a análise de variância inicial apresenta um teste F “médio” e às vezes, interações não significativas, em determinado nível de probabilidade, quando se efetua um estudo mais detalhado encontram-se resultados significativos e importantes do ponto de vista prático.

Na comparação das médias dos tratamentos entre as cultivares o teste F da análise de variância foi considerado conclusivo, enquanto que, as médias das populações de plantas foram submetidas à análise de regressão (ZIMMERMAN, 2004).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Clima

O clima apresentou-se regular durante o período em que foi conduzido o cultivo do experimento, conforme dados climáticos de anos anteriores, exceto em período anterior à semeadura do experimento, onde foram registradas precipitações restritas, o que levou a um atraso na semeadura da cultura de cerca de 30 dias, referenciada pela recomendação de semeadura para a região. Em seguida novo estresse hídrico foi registrado nos primeiros 10 dias após a semeadura, o qual acabou prejudicando a emergência das plântulas e por fim, novo déficit hídrico no final do ciclo da cultura levando a uma possível restrição no enchimento de grãos.

4.2. Características de parte aérea das plantas

4.2.1 Altura de plantas, altura de inserção de primeira vagem e acamamento de plantas.

Na análise de variância com base na Tabela 1A, observa-se que para a variável resposta altura de plantas (ALP) há diferença significativa ($p < 0,05$) entre as diferentes cultivares, populações de plantas e na interação entre essas. Já na variável resposta altura de inserção da primeira vagem (AIV), mostra-se significativa ($p < 0,05$) a diferença entre as cultivares, e não significativa ($p > 0,05$) para as diferentes populações de plantas e interação entre cultivares e população de plantas (Tabela 1A).

Já na variável resposta acamamento (ACM), foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares e entre as populações de plantas, e não significativa ($p > 0,05$) na interação entre cultivares e população de plantas (Tabela 1A).

Analisando o efeito das cultivares dentro das diferentes populações de plantas, observou-se diferença significativa ($p < 0,05$) com superioridade da NK 7074 em relação a TMG 4001 para a variável resposta altura de plantas (ALP), altura de inserção da primeira vagem (AIV) e no acamamento de plantas (ACM) independente das populações de plantas (Tabela 4).

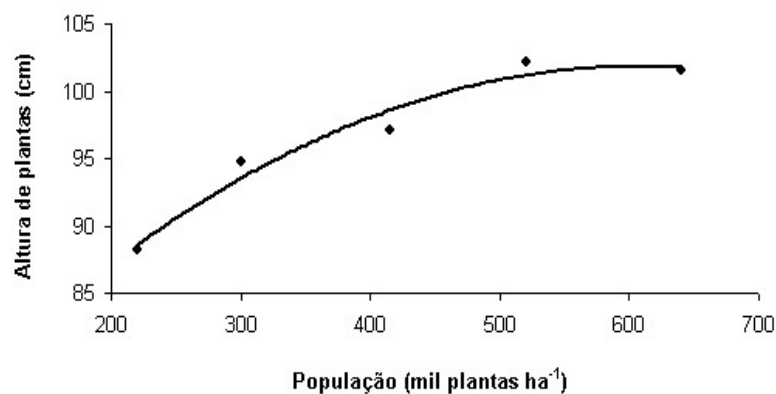
Tabela 4 – Efeito das cultivares (C) dentro de cada população de plantas ($P_{\text{mil plantas ha}^{-1}}$) na altura de plantas (ALP), na altura de inserção da primeira vagem (AIV) e no acamamento de plantas (ACM).

Fontes de Variação	Cultivar	ALP	AIV	ACM
		(cm)	(cm)	
C / P_{220}	TMG 4001	88,150 b	16,00 b	0,0000 b
	NK 7074	102,650 a	24,05 a	1,6666 a
C / P_{300}	TMG 4001	94,750 b	16,90 b	1,1666 b
	NK 7074	102,700 a	22,75 a	4,8333 a
C / P_{415}	TMG 4001	97,050 b	15,85 b	3,5000 b
	NK 7074	112,000 a	23,15 a	6,5000 a
C / P_{520}	TMG 4001	102,150 b	16,50 b	5,5000 b
	NK 7074	113,500 a	24,25 a	7,5000 a
C / P_{640}	TMG 4001	101,550 b	16,90 b	5,8333 b
	NK 7074	117,000 a	20,40 a	7,6666 a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si dentro de cada população de plantas, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F. Fonte: Dados da pesquisa.

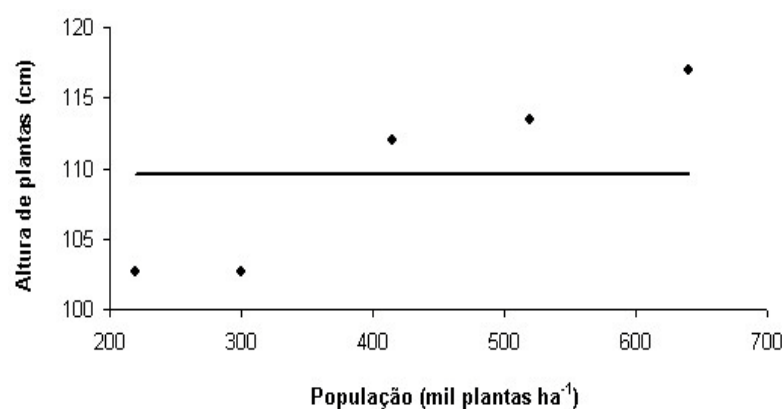
Esses resultados conflitam com os apresentados na tabela 2, contudo a semeadura no final do período recomendado, associado à demora na emergência das plantas contribuiu para a ocorrência destes comportamentos divergentes.

No desdobramento dos efeitos das populações de plantas dentro de cada cultivar, a cultivar TMG 4001 apresentou ajuste de regressão quadrático para variável altura de plantas (Figura 2a), sendo a resposta máxima estimada ($\hat{y} = 101,82$ cm) na população de plantas de ($x = 605,59$ mil plantas ha^{-1}). Em relação a cultivar NK 7074, não houve ajuste significativo da regressão para a mesma variável (Figura 2b).



$$\hat{y} = 69,179968 + 0,107795x - 0,000089x^2 \quad R^2 = 96,10\%$$

(a)



$$\hat{y} = \bar{y} = 109,57$$

(b)

Figura 2 – Efeito da população de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na altura de plantas. Fonte: Dados da pesquisa.

Corroborando com estes resultados, Arf, (1985), identificou que existe efeito em diferentes densidades de plantas sobre a altura de plantas, na qual em baixas populações as plantas tendem a desenvolver menos, conforme observado no cultivar TMG 4001.

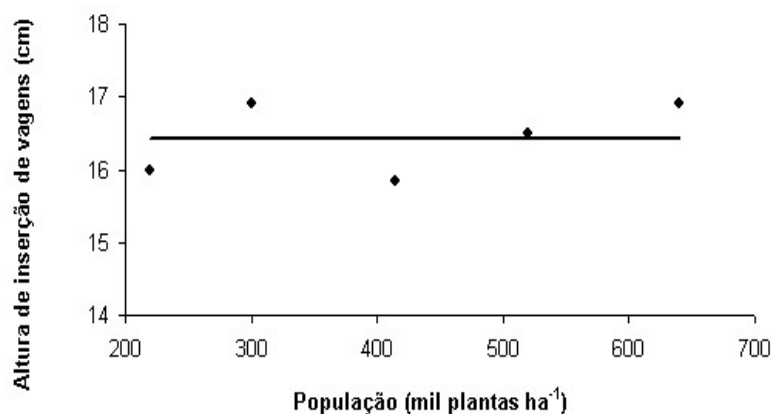
Embora os resultados para cultivar NK 7074 não apresentem interações, foi possível observar claramente uma tendência de aumento da altura de plantas para populações maiores. Ainda neste sentido, a altura de planta é

importante e também considerada como um dos fatores que definem a resposta da soja às variações na produtividade (URBEN FILHO E SOUZA, 1992; LAMBERT et al., 2007; CULTIVARES, 2007).

Esse comportamento está ligado à competição entre plantas intrínseco da soja, segundo Lamego et al. (2005), quando plantas de soja estão sob competição, o seu comportamento é dependente da densidade da cultura. Sob competição, as plantas da cultura tendem a incrementar suas alturas, como forma de maximizar a captação da radiação e sombrear as plantas concorrentes.

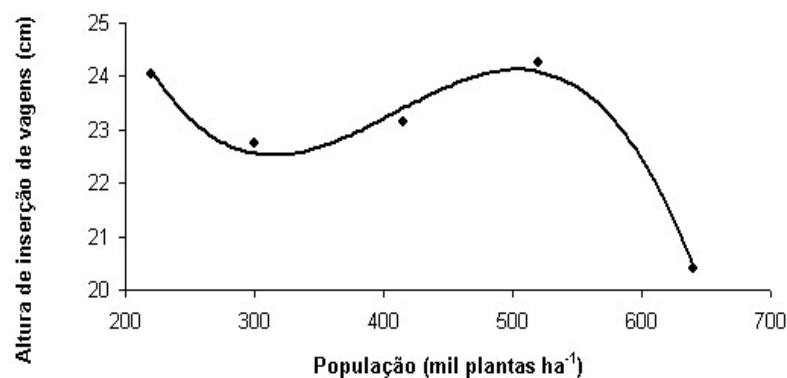
Para a variável resposta altura de inserção da primeira vagem, não houve ajuste de regressão significativo para a cultivar TMG 4001 (Figura 3a). Já para a cultivar NK 7074, houve ajuste de regressão cúbica das médias de altura da inserção da primeira vagem (Figura 3b).

Observações feitas por Arf (1985) apontam discordância para os resultados encontrados para ambos cultivares, certamente o efeito da densidade de plantas sobre a altura de inserção da primeira vagem e sobre a altura de plantas foi onde em baixas populações as plantas tendem a desenvolver menos e apresentar menor altura de inserção da primeira vagem, podendo estar relacionado ao cultivar estudado. Para as condições deste trabalho não foi possível identificar nem mesmo uma linha de tendência de comportamento para a cultivar TMG 4001.



$$\hat{y} = y = 16,43$$

(a)



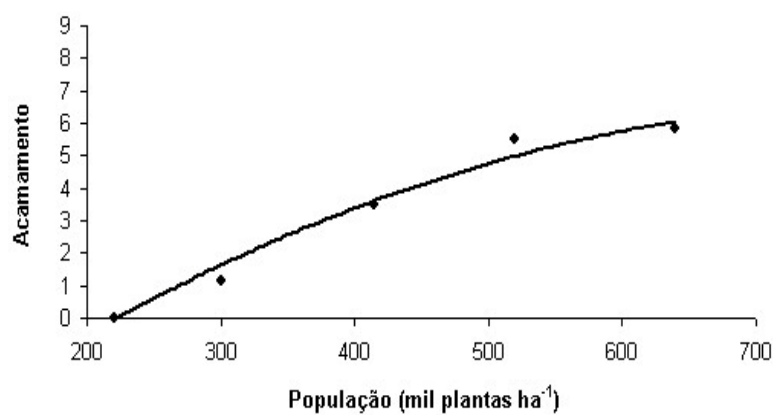
$$\hat{y} = 50,459417 - 0,224393x + 0,000580x^2 - 0,000001x^3$$

$$R^2 = 98,59\%$$

(b)

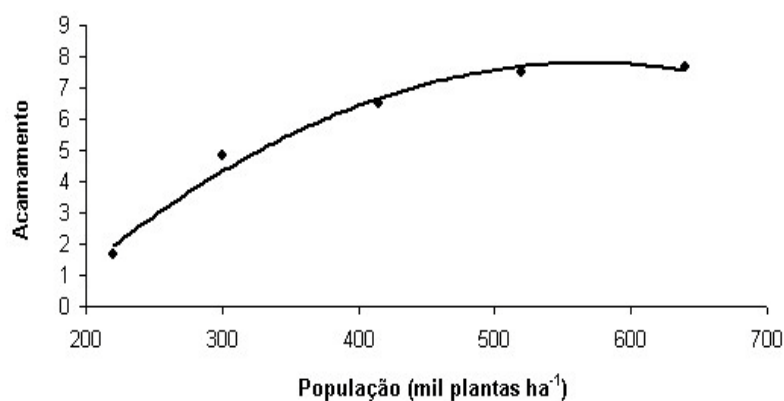
Figura 3 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na altura da inserção da primeira vagem. Fonte: Dados da pesquisa.

No desdobramento das diferentes populações de plantas dentro de cada cultivar para a variável acamamento, foi observado ajuste de regressão quadrático para ambas as cultivares (Figura 4), sendo as respostas máximas estimadas de $\hat{y} = 6,59$ e $\hat{y} = 7,88$ nas populações de plantas de $x = 777,0$ e $571,5$ mil plantas ha⁻¹ para as cultivares TMG 4001 e NK 7074, respectivamente.



$$\hat{y} = -6,693577 + 0,034190x - 0,000022x^2 \quad R^2 = 98,19\%$$

(a)



$$\hat{y} = -7,794938 + 0,054864x - 0,000048x^2 \quad R^2 = 98,34\%$$

(b)

Figura 4 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no acamamento de plantas. Fonte: Dados da pesquisa.

Os resultados indicados na figura 4, condizem com os observados por Cooper (1994) e Ball et al., (2000) os quais afirmam que há casos onde o aumento da população causa efeito acentuado no acamamento das plantas, podendo ocorrer redução no rendimento de grãos.

4.3. Componentes de produtividade

4.3.1. Número de vagens por planta, número de grãos por planta e número de grãos por vagem.

Com base na análise de variância da Tabela 2A é possível verificar que para as variáveis: número de vagens por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP) foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as duas cultivares, populações de plantas e na interação entre estas. Já para variável número de grãos por vagem (NGV), não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$), para as diferentes populações de plantas, sendo significativas ($p < 0,05$) para cultivares e também para a interação entre elas (Tabela 2A).

O efeito das cultivares dentro das diferentes populações de plantas não apresenta diferença significativa ($p > 0,05$) para as variáveis número de vagem por planta (NVP) e número de grãos por planta (NGP), exceto para a população de plantas de 220mil plantas ha^{-1} , onde a cultivar TMG 4001 mostrou-se superior em ambas as variáveis respostas (Tabela 5).

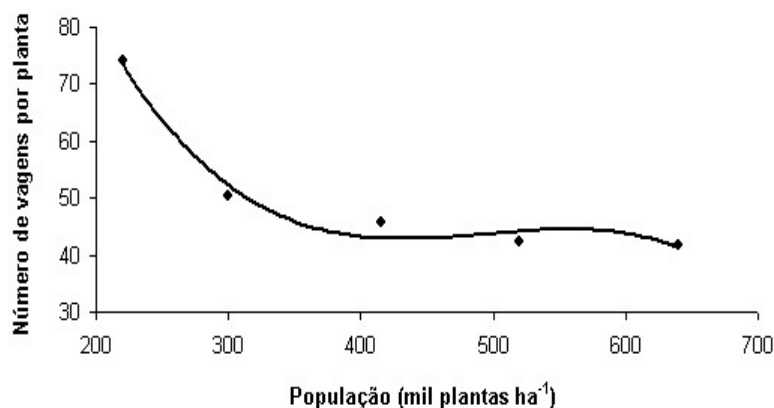
Em relação ao número de grãos por vagem (NGV), não há diferença significativa entre as cultivares ($p > 0,05$) nas populações de plantas de 220, 415 e 520mil plantas ha^{-1} . Já nas populações de 300 e 640mil plantas ha^{-1} , foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5 – Efeito das cultivares (C) dentro de cada população de plantas (P_{mil} plantas ha^{-1}) no número de vagens por planta (NVP), no número de grãos por planta (NGP) e no número de grãos por vagem (NGV).

Fontes de Variação	Cultivar	NVP	NGP	NGV
C / P_{220}	TMG 4001	74,110 a	151,908 a	2,056 a
	NK 7074	57,350 b	110,981 b	1,936 a
C / P_{300}	TMG 4001	50,226 a	89,360 a	1,771 b
	NK 7074	45,816 a	92,386 a	2,013 a
C / P_{415}	TMG 4001	45,591 a	84,088 a	1,848 a
	NK 7074	41,166 a	84,140 a	2,021 a
C / P_{520}	TMG 4001	42,450 a	81,571 a	1,961 a
	NK 7074	43,691 a	80,428 a	1,830 a
C / P_{640}	TMG 4001	41,676 a	68,738 a	1,661 b
	NK 7074	37,756 a	74,080 a	1,971 a

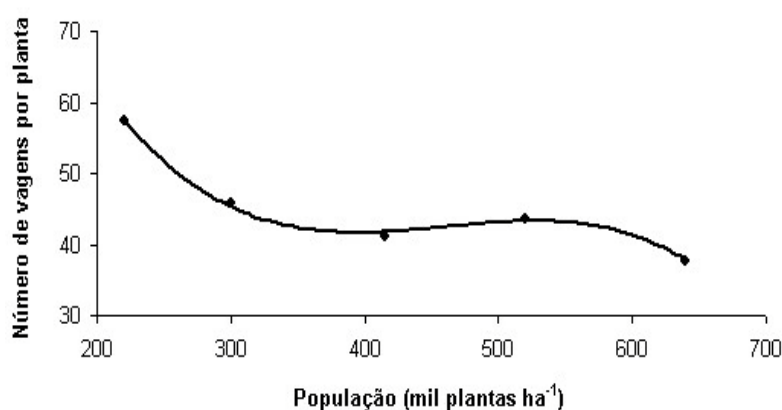
Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si dentro de cada população de plantas, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F. Fonte: Dados da pesquisa.

Na análise de regressão do desdobramento das diferentes populações de plantas dentro de cada cultivar para a variável número de vagens por planta, ambas as cultivares apresentaram ajuste de regressão cúbico (Figura 5).



$$\hat{y} = 239,957374 - 1,231568x + 0,002532x^2 - 0,000002x^3 \quad R^2 = 97,94\%$$

(a)



$$\hat{y} = 170,076009 - 0,866791x + 0,001920x^2 - 0,000001x^3 \quad R^2 = 99,64\%$$

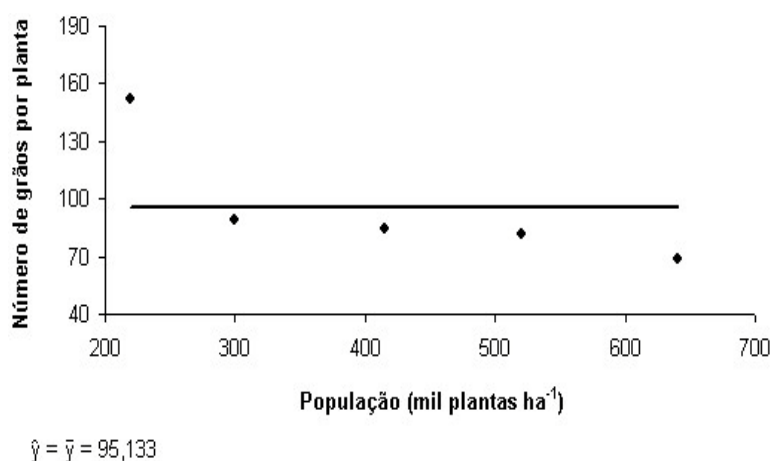
(b)

Figura 5 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no número de vagens por planta. Fonte: Dados da pesquisa.

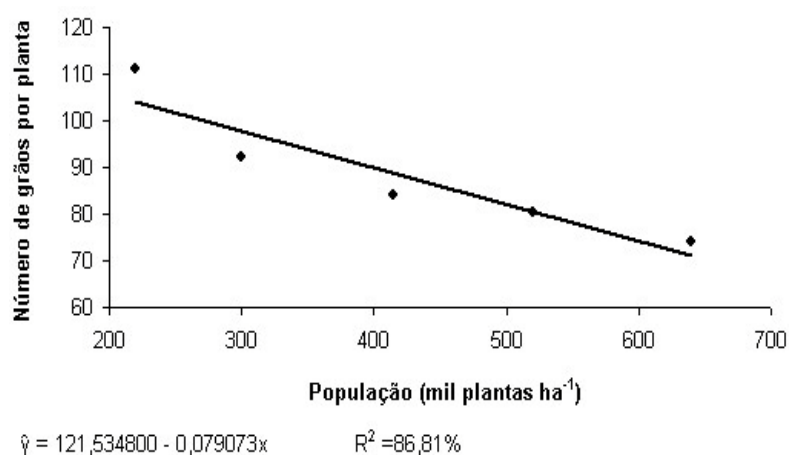
Conforme apresentado através do ajuste de regressão cúbico, os valores do coeficiente para os valores do eixo “x” foram muito pequenos, e que determinam os diferentes valores para o número de grãos por planta, permite concluir que existe o comportamento quase linear entre as populações de 300 e 520 mil plantas. Em trabalho apresentado por Carpenter & Board (1997) também foi observado ajuste significativo do número de vagens por planta.

Nesse, concluíram que os ajustes no rendimento foram decorrentes de mudanças na população devido às alterações no número de vagens por planta.

Em relação ao número de grãos por planta, não houve ajuste significativo da regressão no desdobramento das diferentes populações de plantas dentro de cada cultivar para a TMG 4001 (Figura 6^a). Ainda para a cultivar TMG 4001 os pontos apresentados na Figura 6a, apresentam uma linha de tendência para o efeito negativo do aumento da população de plantas sobre quantidade de grãos por planta com decréscimo de 0,0687 grãos por planta a cada aumento de 1000 plantas há⁻¹. Houve ajuste de regressão linear decrescente para a cultivar NK 7074 (Figura 6b), sendo que, à medida em que se aumenta a população de plantas na proporção de 1mil plantas ha⁻¹, ocorre o decréscimo de 0.079 grãos por planta de soja.



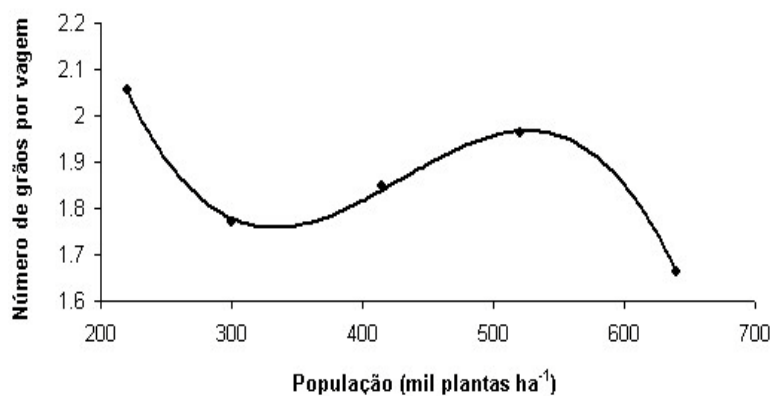
(a)



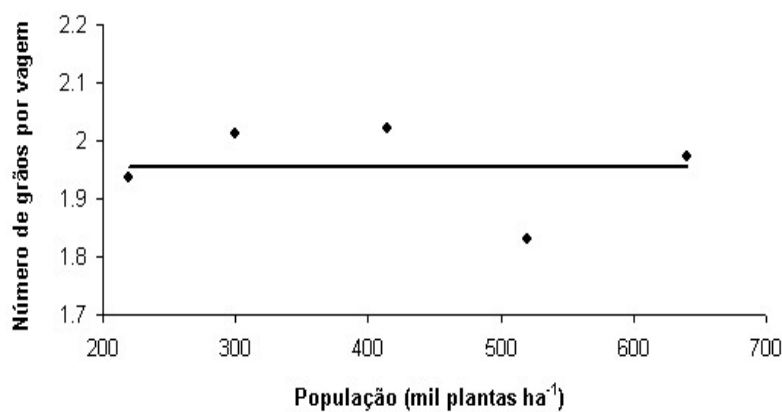
(b)

Figura 6 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no número de grãos por planta. Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação às médias de número de grãos por vagem foi observado ajuste de regressão cúbica para a cultivar TMG 4001 (Figura 7a). Da mesma forma já discutida anteriormente, o ajuste cúbico encontrado apresenta valores pequenos para X o que indica a tendência de linearidade entre os intervalos de 300 a 520 mil plantas há⁻¹. Por outro lado, não houve ajuste significativo da regressão da média de grãos por vagem para a cultivar NK 7074 (Figura 7b).



(a)



(b)

Figura 7 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no número de grãos por vagem. Fonte: Dados da pesquisa.

A linha de tendência para a variável grãos por vagem, identificada na cultivar TMG 4001 juntamente com a resposta encontrada na cultivar NK 7074 foram constatadas por outros autores como Board et al. (1990) e Pires et al. (1998), os quais observaram que o número de grãos por legume não foi afetado pelo arranjo de plantas, explicando que isto ocorreu em função deste componente ser determinado no final do ciclo reprodutivo da soja.

4.3.2. Massa de grãos por planta, massa de mil grãos e rendimento de grãos.

A análise de variância para as variáveis respostas massa de grãos por planta (MGP), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG), demonstrou efeito significativo ($p < 0,05$) das fontes de variação entre cultivares, populações de plantas e da interação entre estes fatores. Os resultados encontrados na variável massa de grãos por planta foram incompatíveis com o resultado de rendimento de grãos.

O efeito das cultivares dentro das diferentes populações de plantas apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) na massa de grãos por planta, onde a cultivar NK 7074 superou a TMG 4001, exceto na população de 220 mil plantas ha^{-1} . De forma semelhante, a massa de mil grãos apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares, sendo a massa de mil grãos da cultivar NK 7074 superior a da cultivar TMG 4001 (Tabela 6). Ao analisarmos estes dados, em conjunto com o da variável número de grãos por vagem, este efeito é explicado em função de que a cultivar TMG apresentou maior número de vagens por planta, o que ajuda a entender a diferença de produtividade encontrada.

Tabela 6 – Efeito das cultivares (C) dentro de cada população de plantas (P_{mil} plantas ha^{-1}) na massa de grãos por planta (MGP), massa de mil grãos (MMG) e no rendimento de grãos (RG).

Fontes de Variação	Cultivar	MGP	MMG	RG
		(g)	(g)	(kg ha^{-1})
C / P_{220}	TMG 4001	17,716 a	116,720 b	3479,78 a
	NK 7074	16,840 a	151,670 a	3288,32 b
C / P_{300}	TMG 4001	10,298 b	114,990 b	3435,43 a
	NK 7074	13,538 a	146,550 a	3143,63 b
C / P_{415}	TMG 4001	9,950 b	118,441 b	3662,11 a
	NK 7074	11,970 a	142,540 a	3204,33 b
C / P_{520}	TMG 4001	9,638 b	117,896 b	3574,97 a
	NK 7074	11,850 a	146,976 a	3123,24 b
C / P_{640}	TMG 4001	8,050 b	116,523 b	3442,19 a
	NK 7074	10,458 a	141,270 a	2970,04 b

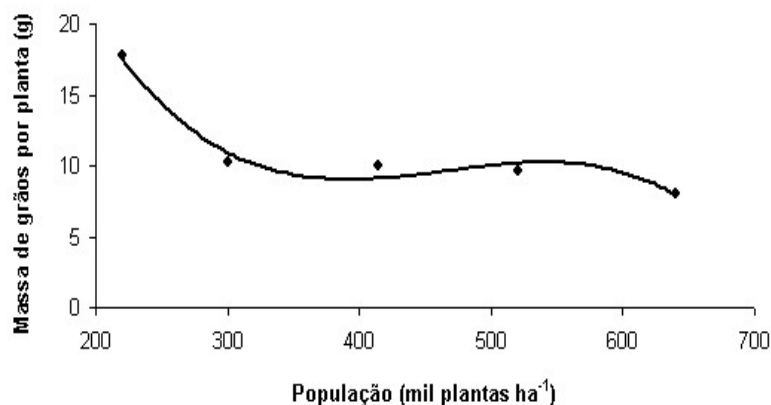
Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si dentro de cada população de plantas, em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de F.q. Fonte: Dados da pesquisa.

Ainda em relação ao desdobramento do efeito das cultivares dentro de cada população de plantas, no rendimento de grãos foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares para todas as populações de plantas, com a superioridade da cultivar TMG 4001 (Tabela 6). Muitos fatores poderiam

tentar explicar estes dados, porém existem dois fatores que podem contribuir substancialmente para o entendimento desta situação. O primeiro fator está relacionado com a época de plantio, são inúmeros os efeitos do ambiente sobre a expressão dos potenciais de produção de um cultivar e nesse trabalho a cultivar NK 7074 indica ter sido mais afetado que o TMG 4001. O segundo fator é pelo fato do rendimento de grãos ter sido obtido através da colheita mecanizada, que deve ser o mais provável. Na colheita mecanizada os efeitos do acamamento são refletidos com alta intensidade e principalmente na perda da eficácia no recolhimento dos grãos pela colhedora, e o cultivar NK 7074 foi mais afetado pelo acamamento que o TMG 4001.

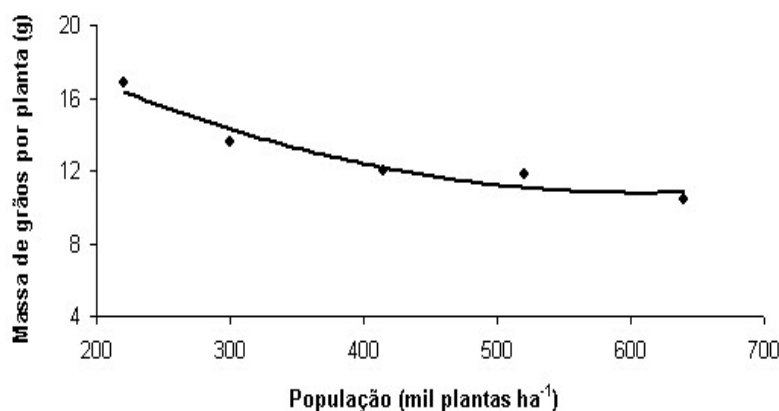
Na análise de regressão do desdobramento das diferentes populações de plantas para cada cultivar, foi observado que a massa de grãos por planta da cultivar TMG 4001 apresentou ajuste de regressão cúbica (Figura 8a).

Por sua vez, para a cultivar NK 7074 foi observado ajuste de regressão quadrático da massa de grãos por planta (Figura 8b), sendo a resposta mínima estimada de $\hat{y} = 10,77\text{g}$ na população de plantas de $x = 608,39\text{mil plantas ha}^{-1}$.



$$\hat{y} = 77,660297 - 0,462114x + 0,001017x^2 - 0,000001x^3 \quad R^2 = 97,40\%$$

(a)



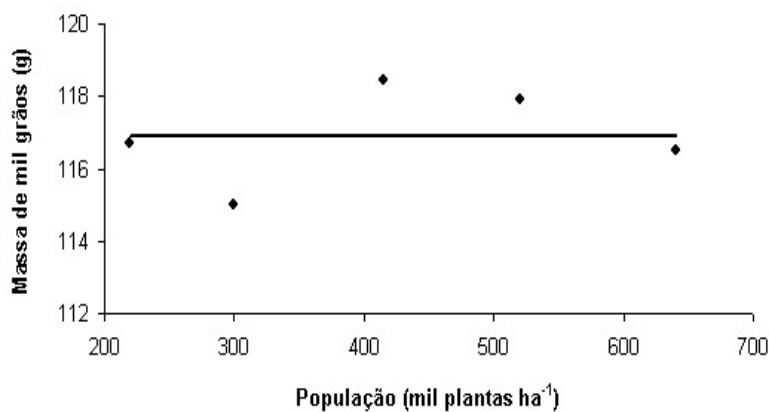
$$\hat{y} = 24,473310 - 0,045021x + 0,000037x^2 \quad R^2 = 93,36\%$$

(b)

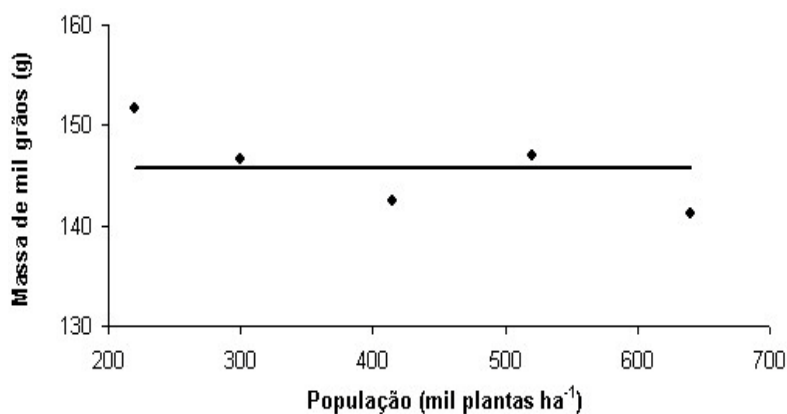
Figura 8 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na massa de grãos por planta. Fonte: Dados da pesquisa.

Em trabalho semelhante, Peluzio et al. (2000) expõe que a massa de grãos por planta decresce quando se aumenta a densidade de plantas na linha de plantio, devido à maior competição entre plantas dentro da mesma fileira, resultando em uma tendência à menor produtividade. Da mesma forma, Ethredge et al. (1989), obtiveram redução linear na massa de grãos por plantas de soja com o aumento da população de plantas. Essa diminuição pode não acarretar diminuição no rendimento por área, pois o maior número de plantas compensaria o menor rendimento por planta.

Em relação à massa de mil grãos, não houve ajuste significativo da regressão no desdobramento das diferentes populações de plantas em ambas as cultivares (Figura 9).



(a)



(b)

Figura 9 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 na massa de mil grãos. Fonte: Dados da pesquisa.

Assim como observado na figura 9, Val et al. (1971), também afirmam que não há variação na massa de mil sementes com a mudança na densidade de plantas na linha. Por outro lado, Peixoto (1998) e Vazquez et al. (2008), verificaram que, com o aumento da densidade de plantas na linha houve incremento da massa de grãos. Além disso, Moore (1991); Pires et al. (1998);

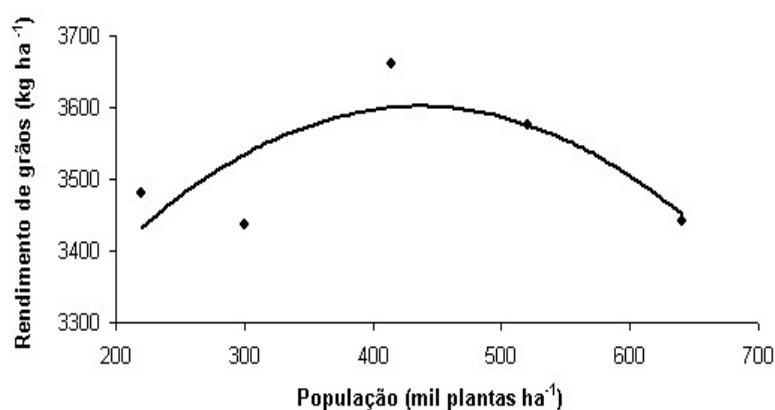
Thomas et al. (1998) e Maehler (2000), mostram que o peso do grão variou em função da interação do fator espaçamento entre linhas e população de plantas.

Na análise de regressão do desdobramento dos efeitos de diferentes populações de plantas dentro de cada cultivar para o rendimento de grãos de soja, apresentou ajuste de regressão em ambas as cultivares estudadas.

O efeito significativo das diferentes populações de plantas na cultura da soja também foi observado por Lam-Sanchez & Veloso, (1974); Nakagawa et al. (1983); Crusciol et al. (2002).

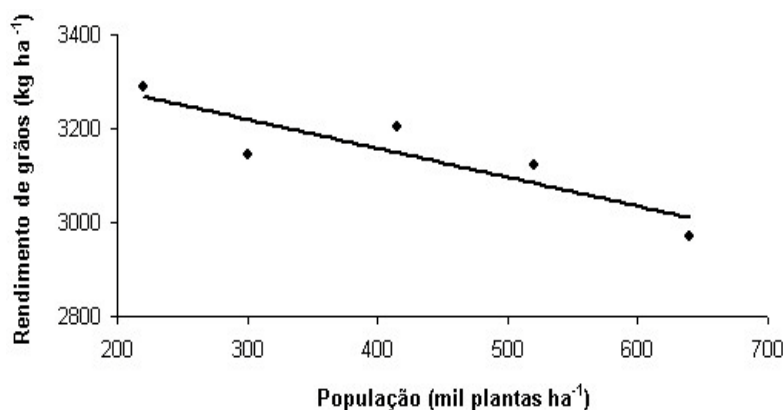
Em trabalho realizado por Tourino et al. (2002), observou-se que na densidade de 10 plantas m^{-1} existe maior uniformidade na distribuição das plantas dentro das linhas, proporcionando aumento de até 400 kg ha^{-1} . Assim, a utilização de menores densidades com plantas uniformemente distribuídas nas linhas permite maior expressão do potencial produtivo das plantas.

Já Rubin, (1997) e Pires et al, (1998), afirmam que alterações na população de plantas não têm mostrado efeito no rendimento de grãos, utilizando populações que variaram de 8 até 63 plantas. m^{-2} . Estes resultados concordam com Maehler (2000), o qual não encontrou aumento no rendimento de grãos quando reduziu espaçamento entre linhas.



$$\hat{y} = 2914,46465 - 3,149827x + 0,003611x^2 \quad R^2 = 57,95\%$$

(a)



$$\hat{y} = 3403,8816 - 0,615666x \quad R^2 = 77,55\%$$

(b)

Figura 10 – Efeito das populações de plantas dentro das cultivares (a) TMG 4001 e (b) NK 7074 no rendimento de grãos de soja. Fonte: Dados da pesquisa.

A cultivar TMG 4001 apresentou ajuste de regressão quadrático (Figura 10a), sendo a resposta máxima estimada de $\hat{y} = 3.601,35 \text{ Kg ha}^{-1}$ na população de plantas de $x = 436,14 \text{ mil plantas ha}^{-1}$. Por sua vez, para a cultivar NK 7074, houve ajuste de regressão linear decrescente (Figura 10b), sendo que, à medida em que se aumenta a população de plantas na ordem de 1 mil plantas ha⁻¹ ocorre um decréscimo de $x = 0,615 \text{ Kg ha}^{-1}$ de grãos de soja.

4.4. Análise de Correlação Linear ou Pearson

As análises das correlações de Pearson para os cultivares TMG 4001 e NK 7074 em função da população de plantas, mostram as dependências entre as características morfológicas e fisiológicas avaliadas, e indicaram as tendências de interferências muito semelhantes sobre os diferentes fatores de produção estudados. Estas interferências influenciaram vários fatores de produção e se apresentam correlacionadas nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 – Coeficientes de correlação das características qualitativas e quantitativas da Cultivar TMG 4001 em função de diferentes densidades de plantas: Matriz de correlações de Pearson

	Plantas por ha	Altura de Planta	Altura da Inserção da Primeira Vagem	Acamamento	Número de Vagem por Planta	Número de Graos por Planta	Número de Grãos por Vagem	Massa_grao_Planta	Massa de Mil Graos	Rendimento de Grãos por ha
Plantas por ha	1	0.825 **	0. ns	0.912 **	-0.771 **	-0.784 **	-0.414 *	-0.772 **	0. ns	0. ns
Altura de Planta		1	0. ns	0.792 **	-0.911 **	-0.801 **	0. ns	-0.804 **	0. ns	0. ns
Altura da Inserção da Primeira Vagem			1	0. ns	0. ns	0. ns	0. ns	—	0. ns	0. ns
Acamamento				1	-0.769 **	-0.752 **	0. ns	-0.746 **	0. ns	0. ns
Número de Vagem por Planta					1	0.945 **	0. ns	0.947 **	0. ns	0. ns
Número de Graos por Planta						1	0.606 **	0.997 **	0. ns	0. ns
Número de Grãos por Vagem							1	0.596 **	0. ns	0. ns
Massa_grao_Planta								1	0. ns	0. ns
Massa de Mil Graos									1	0. ns
Rendimento de Grãos por ha										1

** correlação significativa à 5 % de probabilidade

* correlação linear significativa a 1% de probabilidade

ns não significativo

Fonte: Dados da Pesquisa.

As correlações negativas, também observadas entre os diferentes fatores de produção, indicaram que alguns fatores foram bastante influenciados e contribuíram para a manutenção dos índices de produtividade, não sendo possível evidenciar correlações com os rendimentos de grãos obtidos neste trabalho.

Tabela 8 – Coeficientes de correlação das características qualitativas e quantitativas da Cultivar NK-7074 em função de diferentes densidades de plantas: Matriz de correlações de Pearson .

	Plantas por ha	Altura de Planta	Altura da Inserção da Primeira Vagem	Acamamento	Número de Vagem por Planta	Número de Graos por Planta	Número de Grãos por Vagem	Massa_grao_Planta	Massa de Mil Graos	Rendimento de Grãos por ha
Plantas por ha	1	0.829 **	0. ns	0.858 **	-0.729 **	-0.736 **	0. ns	-0.753 **	-0.650 **	0. ns
Altura de Planta		1	0. ns	0.790 **	-0.627 **	-0.643 **	0. ns	-0.657 **	-0.570 **	0. ns
Altura da Inserção da Primeira Vagem			1	0. ns	0. ns	0. ns	0. ns	0. ns	0. ns	0. ns
Acamamento				1	-0.744 **	-0.676 **	0. ns	-0.719 **	-0.745 **	0. ns
Número de Vagem por Planta					1	0.936 **	0. ns	0.960 **	0. ns	0. ns
Número de Graos por Planta						1	0. ns	0.990 **	0. ns	0. ns
Número de Grãos por Vagem							1	0. ns	0. ns	0. ns
Massa_grao_Planta								1	0.660 **	0. ns
Massa de Mil Graos									1	0. ns
Rendimento de Grãos por ha										1

4.4.1. População de plantas vs. Altura de Plantas vs. Acamamento.

As correlações encontradas para as diferentes populações de plantas foram positivas e significativas, quando as variáveis avaliadas foram altura de plantas *versus* acamamento. Os problemas com acamamento das parcelas de maior densidade também são explicados em função da maior altura de plantas, onde a correlação foi positiva e significativa entre a altura de plantas e o acamamento, ou seja, à medida que aumentou a densidade de plantas, aumentou a altura das plantas e conseqüentemente ocorreu o acamamento nas parcelas. Este efeito também contribui para explicação da não correlação com a variável Rendimento de Grãos ha⁻¹.

4.4.2. População de Plantas e Acamamento vs. Número de Vagens por planta, Número de Grãos por plantas e Massa de Grãos por Planta.

As análises indicam correlações negativas e significativas entre estas variáveis, ou seja, populações maiores promoveram maior acamamento e redução do número de vagens por planta, redução do número de grãos por planta e redução da massa de grãos por planta, o que também pode explicar a não correlação com o rendimento de grãos por hectare, ou seja, o aumento da população não modificou o rendimento de grãos por hectare, pois com o

aumento da população ocorreu à redução dos demais fatores de produção, o que manteve os níveis de produtividade por hectare.

4.4.3. Altura de planta e Acamamento vs. Número de vagens por planta, número de grãos por planta e massa de grãos por planta.

Também foram observadas correlações significativas e negativas para estes componentes, sugerindo um gasto maior de energia despendido para o crescimento e a conseqüente redução dos componentes de produção. Quando associados os resultados de acamamento e altura de plantas temos dois importantes componentes que afetam a expressão das demais variáveis estudadas neste item.

4.4.4. Número de plantas vs. Número de Vagem por Planta.

Apenas a cultivar NK-7074 apresentou correlação significativa e negativa entre estas variáveis. Esta correlação encontrada pode ser a chave para o entendimento da não significância de correlação entre o Rendimento de Grãos e os demais componentes de produção. Ou seja, na medida em que se aumentou o número de plantas ocorreu diminuição do número de vagens por planta.

4.4.5. Número de Grãos por Planta vs. Número de Vagem por Planta.

Também foram encontradas correlações significativas e positivas apenas na cultivar NK-7074. Esta correlação está de acordo com as outras encontradas no trabalho, pois na medida em que se reduziu a população de plantas, aumentou o número de vagens e o número de grãos por planta. O que explica a maior produção para nas menores populações com esta cultivar.

4.4.6. Massa de Grãos por Planta vs. Número de Vagem por Planta, Número de Grãos por Planta e Número de Grãos por Vagem.

Em relação a cultivar NK-7074, as correlações foram significativas e positivas para estas variáveis. Estes resultados explicam o comportamento desta cultivar em menores populações, sendo que nestas condições a capacidade do material expressar seu potencial produtivo foi favorecida. Para a cultivar TMG4001, foram encontradas correlações significativas e positivas para as variáveis Número de Vagem por Planta e Número de Grãos por Planta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferenças encontradas nesse trabalho são importantes na escolha da cultivar, bem como para a definição do número de sementes a serem semeadas. Nesse caso os dois materiais possuem comportamentos distintos na produção, quando comparado em diferentes estandes. Essas diferenças podem ser positivas ou não, mas extremamente importantes para o planejamento agrônomo. A cultivar TMG4001 possui maior elasticidade na produção em relação ao estande ideal de semeadura, isso é, em populações muito diferentes permitem obter produções semelhantes, porém com maior quantidade de semente por área. No caso da cultivar NK-7074, a elasticidade na produção é menor, indicando uma maior atenção quanto à qualidade da semente, uma regulação mais precisa do equipamento e o maior cuidado com a população emergida para que o estande fique próximo do ideal, neste caso as perdas por ataque de pragas e doenças devem ser reduzidas ao máximo.

Embora a elasticidade seja uma ótima argumentação para a cultivar TMG-4001, a economia no custo com semente e os ganhos operacionais no plantio que a NK-7074 pode oferecer uma ótima opção de escolha e valer grande economia em função da menor necessidade de semente por área.

As correlações encontradas através da proposta de Pearson se apresentam de grande importância para o entendimento de alguns pontos relacionados aos diferentes componentes de produção. As significâncias encontradas reforçam o conteúdo da conclusão desse trabalho. Através dessas análises foi possível identificar o que cada uma das variáveis interferiu no comportamento das demais, e vice-versa, produzindo uma maior qualidade no dado obtido. Dentre os resultados é possível inferir que:

Mediante a aplicação do teste de correlação de Pearson, foi possível inferir que ambos as cultivares apresentam as seguintes interações:

- Positividade ao acamamento (ACM) em populações elevadas.
- Positividade em relação à altura de plantas (ALP) e ao acamamento (ACM).

- Negatividade em relação ao número de vagens por planta (NVP) e ao número de grãos por planta (NGP), e seus efeitos são dependentes da maior ou menor densidade de planta.
- A altura da inserção da primeira vagem (AIV) e a massa de mil grãos (MMG) não é influenciada pela variação da população de plantas, nem mesmo pelas possíveis interações fisiológicas impactadas pelas variações das populações.

6. CONCLUSÕES

1. Existem diferenças importantes nos desempenhos das cultivares TMG 4001 e NK 7074 em função do aumento das populações de plantas, para as condições em que foi conduzido o trabalho.

- TMG 4001 apresenta melhor rendimento de grãos quando as populações de plantas variam de 400 até 420 mil plantas por hectare.
- NK 7074 apresenta melhor rendimento quando as populações forem abaixo ou próximas de 200 mil plantas por hectare.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARF, O. Comportamento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes densidades de plantas em área de reforma de canavial. Jaboticabal, 1985. 65p. **Dissertação** (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

BALARDIN, R.S. **Doenças da soja**. Santa Maria: Ed. Autor, 2002. 107p.

BALL, R.A.; PURCELL, L.C.; VORIE, E.D. Optimizing soybean planta population for a short-season production system in the southern U.S.A. **Crop Science**, Madison, v. 40, p.757-764, 2000.

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

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. **Crop Science**, Madison, v. 32, n. 1, p. 198-202, 1992.

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

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Growth dynamics the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. **Crop Science**, Madison, v.88, n.4, p.567-572, 1996.

BOARD, J.E.; HARVILLE, B.G. Late-planted soybean yield response to reproductive source/sink stress. **Crop Science**, Madison, v. 38, n.3, p. 763-771, 1998.

BULLOCK, D.; KHAN, S.; RAYBURN, A. Soybean yield response to narrow rows is largely due to enhanced early growth. **Crop Science**, Madison, v. 38, n. 4, p. 1011-1016, 1998.

CÂMARA, G.M.S.; HEIFFIG, L.S. Fisiologia, ambiente e rendimento da cultura da soja. In: CÂMARA, G.M.S. **Soja: tecnologia da produção**. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2000. p. 81-120.

CARDOSO, D. A. D. B.; REZENDE, P. M. de. Arranjo de plantas. I. Efeito do espaçamento e da densidade no rendimento de grãos e outras características da soja. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 23-33, 1987.

CARPENTER, A.C.; BOARD, J.E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Science**, Madison, v.37, n.5, p.1520-1526, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2009. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_08.09.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2009.

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

COOPER, R.L. Influence of soybean productin practices on lodging and seed yield in highly productive environments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p.490-493, 1971.

COSTA, Marcus Antônio Gonçalves et al. Níveis de desfolha na fase reprodutiva da soja, cv. Ocepar 14, sobre dois sistemas de cultivo. Cienc. Rural [online]. 2003, vol.33, n.5 [citado 2009-05-13], pp. 813-819 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php>.

CRUSCIOL, C. A. C.; LAZARINI, E.; BUZO, C. L.; SÁ, M. E. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja avaliadas na semeadura de inverno**. 2002, UNESP.

CULTIVARES. **Boletim de Pesquisa de Soja**. Rondonópolis, n. 11, p.63-127, 2007.

EGLI, D. B. Mechanisms responsible for soybean yield response to equidistant planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1046-1049, 1994.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região Central do Brasil 1996/97**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1996. 164p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil: 1997/1998**. Londrina, 1997. 171 p. (Documentos, 106).

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Circular técnica 51**: 2007. Londrina. 11 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Londrina, PR). **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2003**. ISSN - Versão eletrônica, Jan/2003 disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja>>. Acesso em: outubro 2009.

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

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq, 1992. p. 213-235.

GAUDÊNCIO, C.A.A.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. **População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o Centro-Sul do Estado do Paraná.** Londrina: Embrapa, CNPSo, 1990. 4 p. (Comunicado Técnico, 47)

GAZZONI, D.L. Avaliação de efeito de três níveis de desfolhamento aplicados em quatro estádios de crescimento de dois cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), sobre a produção e a qualidade do grão. 1974. 70f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GAZZONI, D.L.; MOSCARDI, F. Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.4 p.411-424, 1998.

HAILE, F.J. et al. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.353-362, 1998a.

HAILE, F.J. et al. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance. **Agronomy Journal**, Madison, v.90, n.3, p.353-362, 1998b.

HEIFFIG, L. S.; CÂMARA, G. M. S.; MARQUES, L. A.; PEDROSO, D. B.; PIEDADE, S. M. S. **Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais.** Campinas, 2006.

HENNING, A.A. et al. **Tratamento e inoculação de sementes de soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 6p.

HENNING, A.A. **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais.** Londrina: EMBRAPA- CNPSo, 2005. 52p.

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

IKEDA, T. Soybean planting patterns in relation to yield and yield components. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 6, p. 923-926, 1992.

JOHNSON, T.J. et al. Influence of supplemental light on apparent photosynthesis, yield, an yield components of soybeans (*Glycine max* L.). **Crop Science**, Madison, v.9, n.5, p.577-581, 1969.

LAMBERT. E.S.; MEYER, M.C.; KLEPKER, D. (Org.). **Cultivares de soja 2007/2008 Região Norte e Nordeste.** Londrina: Embrapa Soja, 2007. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 284).

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

LAMEGO, F. P. et al. Tolerância a interferência de plantas competidoras e habilidade de supressão por cultivares de soja – I. Resposta de variáveis de crescimento. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 405-414, 2005.

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

MARCOS FILHO, J. **Produção de sementes de soja**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. 86 p.

MATHEW, J.P. et al. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. **Agronomy Journal**, Madison, v.92, n.6, p.1156-1161, 2000.

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

MÜLLER, L. Fisiologia. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109 - 129.

NAKAGAWA, J.; NOJIMOTO, T.; ROSOLEM, C.A.; ALMEIDA, A.M. de; LASCA, D.H.C. Efeitos da densidade de semeadura na produção de vagens de amendoim. **Científica**, v.11, n.1, p.79-86, 1983.

PAIM, E.A. Efeitos do desfolhamento artificial em soja, sob plantio direto e convencional. 1999. 53f. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.

PARCIANELLO, G.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; RAMBO, L.; SAGGIN, K. **Tolerância da soja ao desfolhamento afetada pela redução do espaçamento entre fileiras**. 2004. Santa Maria.

PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.31, p.341-368, 1986.

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

PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G. M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de

plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimentos de grãos. Piracicaba: **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89 - 96, 2000.

PELUZIO, J. M.; GOMES, R. S; ROCHA, R. N. C; DARY, E. P.; FIDÉLIS, R. R. Densidade e espaçamento de plantas de soja cultivar Conquista em Gurupi – TO. **Bioscience Journal**, v. 16, n. 1, p. 3 – 13, 2000.

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. 89-92, 1998.

PIRES, J.L.F. et al. 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, ago, 2000.

PISSAIA, A.; COLASANTE, L.O.; COSTA, J.A. Efeitos de desfolhamentos artificiais sobre a produção e o acúmulo de matéria seca em duas cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.6, p.873-881, 1982.

PORRAS, C.A.; CAYÓN, D.G.; DELGADO, O.A. Comportamento fisiológico de genótipos de soja em diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

PROCÓPIO, S. O. et al. Absorção e utilização do fósforo pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 29, n. 3, p. 911-921, 2005.

QUEIROZ, E.F. Efeito de época de plantio e população sobre o rendimento e outras características agrônômicas de quatro cultivares de soja. Porto Alegre, 1975. 109 p. **Mestrado** (Dissertação) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RAMBO, L. et al. Rendimento dos 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. 2004. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). **Dissertação** (Mestrado).

REZENDE, P. M. de; VIEIRA, M. das G. G. C.; FRAGA, A. C.; FAVORETO, C. R. S. Efeitos da densidade de plantas, sobre a produção, qualidade das sementes e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 30-38, 1985.

RIBEIRO, A.L. de P.; COSTA, E.C. Desfolhamento em estádios de desenvolvimento da soja, cultivar BR16, no rendimento de grãos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.767-771, 2000.

RUBIN, S. de A.L. Comportamento da cultivar .FEPAGRORS 10. em seis densidades de semeadura ano planalto médio riograndense. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 25, 1997, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo : EMBRAPA, 1997. p.187.

SALVADORI, J.R.; CORSEUIL, E. Efeito de quatro níveis de desfolha aplicadas em quatro estádios de desenvolvimento da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), na produção de grãos. **Agronomia Sul Riograndense**, Porto Alegre, v.15, n.1, p.91-101, 1979.

SANTOS, J. B. et al. Captação e aproveitamento da radiação solar pelas culturas da soja e do feijão e por plantas daninhas. **Bragantia**, v. 62, n. 1, p. 147-153, 2003.

SCOTT, W.O.; ALDRICH, S.R. **Producción moderna de la soja**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1975. 192 p.

SHIBLES, R.M.; ANDERSON, I.C.; GIBSON, A.H. Soybean. In: EVANS, L.T. **Crop physiology: some case histories**. London : Cambridge University, 1975. p.151-189.

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

SINCLAIR, T.R. Limits to crop yield? In: BOOTE, K.J. (Ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, 1994. p.509-532.

THOMAS, A.L. Desenvolvimento e rendimento da soja em resposta à cobertura morta e à incorporação de gesso ao solo, com e sem irrigação. 1992. 91f. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

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

TOURINO, M.C.C. et al. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.8, p.1071-1077, 2002.

TURNIPSEED, S.G Response of soybeans to foliage losses in South Carolina. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.65, n.1, p.224-229, 1972.

UDOGUCHI, A.; McCLOUD, D.E. Relationship between vegetative dry matter and yield of three soybean cultivars. **Soil and Crop Science Society of Florida**, Gainesville, v.46, p.75-79, out, 1987.

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

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

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; BORBA, M. M. Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. 2008. **Tese** (Doutorado). FCAV/UNESP.

VENTIMIGLIA, L.A. 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.

WATANABE, T.S. Efeito da cultivar, espaçamento e densidade de plantio sobre características agrônômicas da soja. 2004. 37p. **Dissertação** (Mestrado) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina-PR.

WELLS, R. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. **Agronomy Journal**, Madison, v. 1, n. 81, p. 44-48, 1993.

ZIMMERMAN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004, 402p.

APÊNDICE

Tabela 1A – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas altura de plantas (ALP), altura de inserção da primeira vagem (AIV) e acamamento das plantas (ACM)

Fontes de Variação	GL	ALP (cm)	AIV (cm)	ACM
Cultivares (C)	1	2472,984 *	631,801 *	88,8166 *
Populações (P)	4	422,715 *	5,148 ns	74,9166 *
C x P	4	30,114 *	10,520 ns	2,2333 ns
Blocos	5	44,151	9,666	0,1366
Resíduo	45	8,570	5,822	0,8996
Total corrigido	59			
CV (%):		2,84	12,26	21,48
Média geral:		103,150	19,675	4,416

*Significativo ($p > 0,05$) e ^{ns}não significativo ($p < 0,05$), pelo teste F. Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2A – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas número de vagens por planta (NVP), número de grãos por planta (NGP) e número de grãos por vagem (NGV).

Fontes de Variação	GL	NVP	NGP	NGV
Cultivares (C)	1	479,628 *	679,393 *	0,134 *
Populações (P)	4	1285,843 *	6492,233 *	0,051 ns
C x P	4	132,718 *	1115,648 *	0,128 *
Blocos	5	29,760	77,968	0,028
Resíduo	45	25,801	127,312	0,027
Total corrigido	59			
CV (%):		10,59	12,30	8,76
Média geral:		47,983	91,768	1,907

*Significativo ($p > 0,05$) e ^{ns}não significativo ($p < 0,05$), pelo teste F. Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3A – Resumo da análise de variância (Quadrados Médios) das variáveis respostas massa de grãos por planta (MGP), massa de mil grãos (MMG) e rendimento de grãos (RG).

Fontes de Variação	GL	MGP (g)	MMG (g)	RG (kg ha ⁻¹)
Cultivares (C)	1	48,636 *	12516,881 *	2086726,12 *
Populações (P)	4	114,182 *	49,103 *	92689,87 *
C x P	4	7,369 *	63,011 *	47075,39 *
Blocos	5	1,556	9,537	57056,45
Resíduo	45	2,443	7,371	17290,81
Total corrigido	59			
CV (%):	9	12,9	2,07	3,95
Média geral:		12,031	131,357	3332,40

*Significativo ($p > 0,05$) e ^{ns}não significativo ($p < 0,05$), pelo teste F. Fonte: Dados da pesquisa.