

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM  
DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS EM  
JABOTICABAL-SP**

**Cláudia de Sousa Demétrio**

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM  
DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS EM  
JABOTICABAL-SP**

**Cláudia de Sousa Demétrio**

Orientador: Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Jairo Osvaldo Gazetta

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2008

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**CLÁUDIA DE SOUSA DEMÉTRIO** – Nasceu em 09 de Abril de 1979, na cidade de Joanesburgo, África do Sul, e cresceu desde um ano de idade, na região do Algarve, Portugal. Em Dezembro de 2003 obteve o título de Engenheira Agropecuária pela Escola Superior Agrária de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra – Portugal.

“Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito.  
Um se chama ONTEM e outro AMANHA.  
Portanto, HOJE é o dia certo para AMAR, FAZER e  
principalmente VIVER.”

*Dalai Lama*

Aos meus avós

*Rubens Demétrio (in memorian)*

*Alberto Sousa (in memorian)*

*DEDICO*

Aos meus pais

*Rogério e Carmen*

Às minhas irmãs

*Raquel e Tânia*

*OFEREÇO*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus,

À Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCAV - Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade oferecida de desenvolver este trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro no projeto.

Ao Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho, pela orientação, confiança e amizade.

Ao Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta pela co-orientação, valiosas contribuições, trocas de informações e amizade.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Aildson Pereira Duarte e Prof. Dr. Orivaldo Arf, pela excelente e valiosa contribuição científica no trabalho.

A todos os professores da FCAV/UNESP pelo companheirismo e grande sabedoria, em especial aos Professores do Departamento de Produção Vegetal.

Aos amigos-irmãos Daniela Sarti, Marcelo Marchi Costa, Débora Branquinho, Luciana Yoshida, Ana Carolina Machado e Marlene Saes pelo apoio, conselhos e, acima de tudo, amizade verdadeira.

Aos amigos Cristian Leonel, César Martoreli da Silveira, Disnei Cazetta, Franco Muniz, Melina Mancini, Carolina Ramos, Daniela Abreu e Marco Belo pela amizade e incentivo em uma nova fase em minha vida, de aprendizado e crescimento.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da FCAV/UNESP: Geraldo, Nice, Luís, Rubens, Osmar, Sebastião, Gabi, Marisa, Mariângela, Mônica e, especialmente, Mauro por além da amizade, o auxílio fundamental na condução do experimento.

Ao Camilo Plácido Vieira, mais conhecido como Camilinho, meu eterno orientador de vida, pelo total empenho, disponibilidade e verdadeira amizade.

A toda minha família, meus pais Rogério e Carmen, minhas irmãs Raquel e Tânia, minhas avós Isabel e Celeste e tias Augusta e Catarina, pela força, confiança e apoio para que eu conseguisse concretizar os meus sonhos. Graças a eles tornei-me a pessoa que sou hoje! Obrigada do fundo do meu coração, por serem uma família tão maravilhosa e tão importante na minha vida. Amo muito vocês.

A todos meus queridos amigos em Portugal, em especial à Sofia, Sara, Vânia, Ana Bela, Ritinha, Luís, Helder, Sissi e Sassá, pelo incentivo, carinho e por fazerem parte de todas as minhas boas lembranças.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	iv
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	vi
<b>RESUMO.....</b>	vii
<b>SUMMARY.....</b>	viii
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>2. REVISÃO LITERATURA.....</b>	3
2.1. Aspectos gerais da cultura do milho.....	3
2.2. Arranjo espacial das plantas e seus reflexos na produtividade e composição dos grãos.....	5
2.2.1. Espaçamento entre as linhas.....	6
2.2.2. Densidade populacional.....	8
2.2.3. Interação entre espaçamento e densidade populacional.....	10
2.2.4. Interação entre arranjos populacionais e genótipo.....	11
2.2.5. Relação fonte/dreno de fotoassimilados.....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	18
3.1. Local do experimento.....	18



3.2. Instalação e condução do experimento.....	18
3.3. Avaliação das características agronômicas.....	20
3.4. Análises químicas dos grãos.....	22
3.4.1. Sacarose.....	22
3.4.2. Açúcares redutores.....	23
3.4.3. Amido.....	23
3.5. Análise estatística dos dados.....	23
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>24</b>
4.1. Componentes agronômicos.....	24
4.1.1. Estatura das plantas e altura de inserção da 1ª espiga.....	24
4.1.2. Diâmetro de colmo.....	26
4.1.3. Acamamento e quebramento de plantas.....	27
4.1.4. Número de espigas por planta.....	28
4.1.5. Número de grãos na 1ª espiga.....	28
4.1.6. Massa de grãos na 1ª espiga.....	32
4.1.7. Massa de mil grãos.....	33
4.1.8. Produtividade de grãos.....	35

4.1.9. Índice de colheita.....	37
4.2. Composição glicídica dos grãos.....	39
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

**LISTA DE TABELAS**

	Página
<b>Tabela 1.</b> Resultados da análise química do solo, utilizado no experimento de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.....	18
<b>Tabela 2.</b> Distribuição espacial de plantas de milho (número de plantas na linha e distância entre as plantas), correspondente à população de cada tratamento no experimento de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP....	20
<b>Tabela 3.</b> Valores médios da estatura da planta, altura da 1ª espiga e diâmetro do colmo, dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP....	25
<b>Tabela 4.</b> Valores médios de n.º de espigas por planta, n.º de grãos na 1ª espiga e massa de grãos na 1ª espiga, dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.....	29
<b>Tabela 5.</b> Valores médios de massa de mil grãos, produtividade de grãos e índice de colheita, dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP....	34

<b>Tabela 6.</b> Teores médios de sacarose, açúcares redutores e amido dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.....	39
---	----

**LISTA DE FIGURAS**

	Página
<b>Figura 1.</b> Estatura da plantas (cm) em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal - SP....	26
<b>Figura 2.</b> Número de grãos na 1ª espiga em função de diferentes densidades populacionais e espaçamentos entre as linhas. Safra 2006/2007. Jaboticabal - SP.....	30
<b>Figura 3.</b> Número de grãos na 1ª espiga em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal - SP.....	31
<b>Figura 4.</b> Massa de grãos na 1ª espiga (g), em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal - SP.....	32
<b>Figura 5.</b> Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal - SP.....	35
<b>Figura 6.</b> Índice de colheita (%), em função de diferentes densidades populacionais e espaçamentos entre as linhas. Safra 2006/2007. Jaboticabal - SP.....	38

## DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM DIFERENTES ARRANJOS POPULACIONAIS EM JABOTICABAL-SP

**RESUMO** – O trabalho teve como objetivo avaliar a influência de espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais, em dois híbridos de milho, no desempenho agronômico da cultura com ênfase nos componentes de produção, produtividade e composição glicídica dos grãos. O experimento foi conduzido na safra 2006/2007, em condições de campo, em Latossolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa, A moderado, a 21°15'22" de latitude sul e longitude 48°18'58" WGr, em Jaboticabal – SP. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, compostos por 24 tratamentos, constituídos pela combinação de três espaçamentos entre as linhas (40, 60 e 80 cm) nas parcelas, dois híbridos (30K73 e 30F80) nas subparcelas, e quatro densidades populacionais (30, 50, 70 e 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>) nas sub-subparcelas, com três repetições. As variáveis avaliadas foram: estatura de plantas, altura da 1ª espiga, n.º espigas por planta, diâmetro de colmo, acamamento e quebramento de plantas, n.º de grãos na 1ª espiga, massa de grãos na 1ª espiga, massa de mil grãos, produtividade de grãos e índice de colheita. Foram feitas análises químicas do grão para determinação do teor de sacarose, açúcares redutores e amido. Verificou-se que a produtividade do milho aumentou com a redução do espaçamento entre as linhas de 80 para 40 cm, que o melhor arranjo de plantas, para os híbridos 30K73 e 30F80, nas condições de edafoclimáticas de Jaboticabal, é composto pela combinação de 40 cm de espaçamento entre as linhas e 75 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> de densidade populacional, respectivamente. Modificando o arranjo espacial de plantas de milho, a composição final de glicídios no grão não é alterada.

**Palavras-Chave:** *Zea mays* (L.), adensamento, densidade populacional, espaçamento entre as linhas, fotoassimilados, relação fonte/dreno

## **AGRONOMIC PERFORMANCE OF CORN HYBRIDS IN DIFFERENT POPULATION ARRANGEMENTS AT JABOTICABAL -SP**

**SUMMARY** - The present work had the objective of evaluating the influence of row spacing and population densities, in two corn hybrids, on the agronomic performance of the culture with enface on production components and productivity. The experiment was carried out in the agricultural year of 2006/2007, under field conditions, in a Typical Haplustox , clay texture, at 21 °15'22" South latitude and longitude 48 °18'58" W, at Jaboticabal – SP, Brazil. The experimental design was a complete randomized block, in split split-plot scheme with 24 treatments, where the plots were composed by three row spacing (40, 60 e 80 cm), the split-plots by two contrastive hybrids (30K73 ND 30F80) and the split split-plots by four population densities (30, 50, 70, e 90 thousand plants per hectare), with three replications. The following variables were evaluated: plant height, first ear height, number of ear per plant, stem diameter, plant lodging and breakage, number of grains per ear, mass of grains per ear, mass of a thousand grains, grain yield and yield index. Furthermore, grain chemical analyses were done to determine the content of saccharose, redacting sugars and starch. It was verified that corn productivity rises with the reduction of row spacing from 80 to 40 cm, that the best plant arrangement, for the hybrids 30K73 and P0F80, under Jaboticabal environment conditions, is the combination of 40 cm row spacing and 75 and 80 thousand plants per hectare, respectively. Final grain glicidic composition is not altered by the spacial arrangements of corn plants.

**Keywords:** *Zea mays* (L.), plant competition, population densities, row spacing, assimilates, source/sink relationship

## 1. INTRODUÇÃO

A domesticação do milho ocorreu no que é hoje território do México, a partir de um ancestral selvagem, o teosinte. A partir daí, esse cereal passou a ser cultivado em todas as Américas, pelos nativos e, posteriormente foi levado para a Europa, África e Ásia. Hoje é cultivado em uma ampla variedade de ambientes e com o uso da mais diversificada tecnologia de produção, o que tem possibilitado a sua adaptação.

O milho é um dos grãos que domina o mercado agrícola no mundo, juntamente com o arroz, o trigo e a soja (CONAB, 2007). Esse cereal representa a maior quantidade produzida e também o que tem registrado maiores incrementos de produção nos últimos anos. Isto se deve, principalmente, ao crescimento da produtividade nos países em desenvolvimento. O crescimento da produção é resultado do desenvolvimento do mercado, proporcionado pelas possibilidades de uso do milho, tanto para alimentação humana como animal, matérias-primas e produção de etanol. Esta característica o torna um produto estratégico para países de alta e de baixa renda (GARCIA et al., 2006). Embora em países mais desenvolvidos o milho seja destinado principalmente à alimentação animal, ainda é um importante componente da alimentação da população de muitos países, principalmente da África e da América Central.

Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produtividade de milho, a escolha do arranjo espacial das plantas na área é uma das mais importantes (ALMEIDA et al., 2000a). Em função disso é que se procura avaliar o comportamento da cultura do milho em diferentes densidades populacionais e espaçamentos entre as linhas, a fim de determinar qual o arranjo espacial de plantas que proporciona melhor produtividade de grãos, sob determinadas condições edafoclimáticas.

Recentemente, a combinação do espaçamento entre as linhas de semeadura e o número de plantas por metro (na linha de semeadura), têm sido discutidos com freqüência, pela maior ou menor adaptação da cultura ao ambiente, decorrente das



variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos atuais (geralmente com menor altura de plantas e de inserção das espigas, maior ou menor angulação das folhas, e maior processo produtivo, principalmente), como forma de maximizar a produção de grãos pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes disponíveis num agroecossistema, bem como maior uniformidade das raízes e redução da temperatura do solo.

A formação de grãos na cultura do milho está relacionada com a translocação de açúcares e de nitrogênio de órgãos vegetativos, especialmente das folhas, para os grãos. Para TSAI et al. (1983), no milho, a eficiência da distribuição de fotoassimilados provoca aumento considerável na produção. Em sistemas de produção de milho tropical, a produção de grãos é menor do que aquela obtida em ambientes temperados devido, entre outros fatores, à ineficiente partição de fotoassimilados. Alguns autores defendem que boa parte dos fotoassimilados necessários para o desenvolvimento dos grãos em formação pode também vir do colmo, que funciona alternativamente como órgão de importação e exportação de metabólicos durante o desenvolvimento da planta, e não apenas da fotossíntese realizada naquela fase.

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi de avaliar a influência de espaçamentos entre as linhas e da densidade populacional, em dois híbridos de milho, quanto ao desempenho agrônomo da cultura com ênfase nos componentes de produção, produtividade e composição glicídica dos grãos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos gerais da cultura do milho

O milho é um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo diversos produtos utilizados para a alimentação humana e animal, matérias-primas para a agroindústria, principalmente devido à quantidade de reservas acumuladas nos grãos e produção de etanol.

É uma planta anual, robusta, monocotiledônea, pertencente à divisão *Magnoliophyta*, classe *Liliopsida*, subclasse *Commelinidae*, ordem *Poales*, família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Andropogonea*, gênero *Zea*, sendo o nome científico da espécie *Zea mays* (L.).

O milho é uma planta de origem tropical, necessitando de calor e umidade para se desenvolver. Em regiões de clima subtropical, os fatores ambientais como, as variações na disponibilidade térmica (calor) e de radiação solar (luz), exercem grande influência sobre o desenvolvimento fenológico do milho. A temperatura do ar é o elemento meteorológico que melhor explica a duração dos períodos de desenvolvimento desta cultura, havendo relação linear entre a duração destes períodos e o desenvolvimento da planta (LOZADA & ANGELOCCI, 1999).

É uma planta de ciclo vegetativo variado, entre 100 e 180 dias, em função da caracterização dos genótipos (superprecoce, precoce e tardio), período esse compreendido entre a semeadura e a colheita.

Para REZENDE et al. (2004), os ciclos variam conforme a temperatura. Quando as temperaturas médias durante o período de crescimento são superiores a 20°C, o ciclo das variedades precoces de produção de grãos varia de 80 a 110 dias, e o das variedades médias, de 110 a 140 dias para atingir a fase de maturidade fisiológica. Quando as temperaturas médias são inferiores a 20°C, o ciclo da cultura aumenta de 10 a 20 dias para cada 0,5°C de diminuição de temperatura, dependendo da variedade, ressaltando que a 15°C o ciclo da cultura do milho varia de 200 a 300 dias.

De acordo com SALISBURY & ROSS (1994), o milho, por ser uma planta tipo C4, apresenta características fisiológicas favoráveis de acordo com a eficiência da conversão do gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos como o carboidrato. Isso ocorre porque no processo fotossintético destas plantas o CO<sub>2</sub> é continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas (fonte) sendo redistribuído para locais onde serão estocados ou metabolizados (dreno). Esta relação fonte-dreno pode ser alterada pelas condições de solo, clima, estágio fisiológico e nível de estresse da cultura.

Os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, a China e o Brasil, com respectivamente 338,3; 143,0 e 50,0 milhões de toneladas de milho produzido (USDA, 2007).

De uma produção mundial, no ano de 2007, de aproximadamente 769 milhões de toneladas (USDA, 2007), cerca de 92 milhões são comercializadas internacionalmente, o que representa 12% da produção total do ano. O mercado mundial de milho é abastecido basicamente por três países: os Estados Unidos com 46 milhões de toneladas exportadas, a Argentina com 17 milhões de toneladas, e o Brasil com 8,0 milhões de toneladas (USDA, 2007). A principal vantagem dos EUA e da Argentina, em relação ao Brasil, é de terem uma logística favorável, que no caso dos EUA pode ser decorrente das excelentes estruturas de transporte e da Argentina da proximidade dos portos. O Brasil participa deste mercado, porém, a instabilidade cambial e a deficiências da estrutura de transporte até os portos têm prejudicado o país na presença mais constante no comércio internacional de milho.

Os principais importadores de milho são o Japão, México, Comunidade Européia e Coréia do Sul, com respectivamente 16,1; 10,2; 9,5 e 9,1 milhões de toneladas, em 2007 (USDA, 2007).

O milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, sendo que 90% da produção concentra-se nas regiões Sul (45%), Sudeste (21%) e Centro-Oeste (25%) (CONAB, 2007). Segundo MATTOSO et al. (2006), dado o baixo preço de mercado do milho, os custos de transporte afetam muito a remuneração da produção obtida, principalmente em regiões distantes dos pontos de consumo, reduzindo assim o

interesse no deslocamento da produção a maiores distâncias, ou em condições que a logística de transporte é desfavorável.

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de semeadura. As semeaduras de verão, ou primeira safra, são realizadas na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto, na Região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste. Mais recentemente, tem aumentado a produção obtida na chamada safrinha, ou segunda safra. A safrinha refere-se ao milho de sequeiro, semeado extemporaneamente, em janeiro a abril, quase sempre depois da soja precoce, com predomínio na Região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo. Verifica-se decréscimo na área plantada no período da primeira safra (CONAB, 2007), decorrente da concorrência com a soja, o que tem sido particularmente compensado pelo aumento das semeaduras na safrinha.

A baixa produtividade média nacional de  $3.637 \text{ kg ha}^{-1}$ , não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos produtores voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos e finalidades.

## **2.2. Arranjo espacial das plantas e seus reflexos na produtividade e composição dos grãos**

De acordo com LOOMIS & AMTHOR (1999), a grande maioria das plantas de lavoura segue um modelo de crescimento sigmóide, ou seja, no início do ciclo o crescimento é lento, aumentando gradativamente até atingir um ponto máximo, quando se estabiliza.

Todas as plantas de milho seguem um mesmo padrão de desenvolvimento, porém, o intervalo de tempo específico entre os estádios e o número total de folhas desenvolvidas podem variar entre híbridos diferentes, ano agrícola, data de semeadura e local (MAGALHÃES & DURÃES, 2006). Segundo estes autores, o sistema de

identificação dos estádios de crescimento e desenvolvimento da planta, é dividido em vegetativo (V) e reprodutivo (R) (HANWAY, 1966).

Subdivisões dos estádios vegetativos são designados numericamente como V1, V2, V3 até V(n), em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (Vt). Durante a fase vegetativa, cada estádio é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Assim, a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida e, portanto, é contada como tal (RITCHIE et al., 1986).

Segundo QUEIROZ et al. (2000), as características das culturas variam no espaço e no tempo. Os autores acreditam que para produzir grãos de milho de boa qualidade, várias recomendações técnicas devem ser atendidas, como, por exemplo, a adequada seleção de híbridos, manejo da cultura, água na quantidade necessária, umidade adequada para colheita, entre outros. Todos esses procedimentos e muitos outros são importantes para uma maior produção de grãos de milho, obtida com um menor custo possível.

A alta produtividade está relacionada com boas práticas culturais, ou seja, emprego de tecnologia (SILVA et al., 2006). Com isso, a qualidade da semente, o preparo químico e físico do solo, controle de plantas invasoras, pragas, irrigação, época de semeadura, espaçamentos entre as linhas, densidade populacional, genótipo, entre outros, são fatores que afetam a quantidade de milho produzido.

### **2.2.1. Espaçamento entre as linhas**

Grande parte dos produtores brasileiros de milho ainda utiliza espaçamentos entre as linhas entre 80 e 90 cm. Independentemente do sistema de produção, espaçamentos maiores permitem que animais, tratores e implementos agrícolas transitem entre as linhas durante a realização das práticas culturais, sem causar danos significativos à cultura. Isto evita o quebramento e amassamento de colmos, danos ao sistema radicular e à planta.

Por outro lado, o interesse em cultivar milho utilizando espaçamentos reduzidos, de 40 a 60 cm, tem crescido nos últimos 10 anos nas diferentes regiões produtoras, principalmente pelos produtores que utilizam densidades de semeadura superiores a 50 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  e alcançaram rendimentos de grãos superiores a 7 t  $\text{ha}^{-1}$  (PEREIRA, 2006). O desenvolvimento de híbridos mais tolerantes a altas densidades populacionais, o maior número de herbicidas disponíveis para o controle seletivo de plantas invasoras e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo do milho com linhas mais próximas, tem aumentado a adoção desta prática cultural (BERNARDON, 2005).

A redução do espaçamento entre as linhas apresenta diversas vantagens potenciais entre plantas na linha, proporcionando distribuição mais uniforme entre as plantas por área de cultivo. De acordo com PALHARES (2003), isso reduz a competição intra-específica pelos recursos do ambiente, o que otimiza a sua utilização. O arranjo mais favorável de plantas por área devido à aproximação das linhas estimula as taxas de crescimento da cultura no início de seu ciclo, incrementa a interceptação da luz solar incidente e aumenta a eficiência de seu uso.

Para PAES & ZITO (2006), a distribuição espacial mais uniforme de plantas por área, obtida com a redução do espaçamento entre as linhas, mantendo-se a densidade de plantas, apresenta vantagens, como por exemplo, o aumento da quantidade de luz interceptada pelo dossel do milho, a redução da competitividade das plantas daninhas e redução da dependência de uso de herbicida. No entanto, segundo SILVA et al. (2006) e PALHARES (2003), a redução do espaçamento entre as linhas também apresenta algumas limitações, sendo, por isso, necessário serem avaliados tanto os aspectos agrônômicos como os econômicos. Uma das maiores dificuldades para sua implementação se refere aos ajustes necessários na aplicação de tratamentos culturais durante o ciclo da planta e, principalmente, na operação de colheita, pois as plataformas usuais de corte das colhedoras são ajustadas ao recolhimento de espigas entre 70 e 90 cm de espaçamento entre as linhas. Desta forma, a redução do espaçamento gera a necessidade de aquisição de máquinas e de equipamentos novos ou de adaptação das existentes.

De acordo com OHIO (2003), dados obtidos por um período superior a 10 anos em áreas de produção comercial no estado de Ohio, Estados Unidos, indicam que o incremento médio de produtividade de milho alcançado pela redução do espaçamento de 76 para 50 cm foi de aproximadamente 340 kg ha<sup>-1</sup>. De acordo com o autor, pesquisas de várias regiões daquele país indicam que o uso de espaçamentos entre 38 e 50 cm entre as linhas proporcionam um incremento de 3 a 5% na produtividade de milho, quando comparados com espaçamentos de 76 cm.

Num trabalho conduzido por VAZQUES & SILVA (2002), onde foi avaliado o desempenho de um híbrido de ciclo superprecoce e porte baixo (AG 9010) sob quatro espaçamentos (46, 71, 82 e 93 cm) e uma densidade populacional de 72 mil plantas ha<sup>-1</sup>, não foram observadas diferenças em relação à altura de inserção de espigas, enquanto que, sob o espaçamento de 46 cm, a altura da planta foi significativamente maior em relação ao espaçamento de 71 cm. A produtividade média no espaçamento de 46 cm, foi estatisticamente superior àquela obtida no espaçamento de 82 cm (19,4% de aumento).

Segundo BALBINOT & FLECK (2005), diversos trabalhos têm mostrado uma tendência de maiores rendimentos de grãos em espaçamentos menores, principalmente com milho de arquitetura de ciclo superprecoce e porte baixo. No entanto, a existência de alguns resultados contraditórios na literatura podem ser atribuídos a diversos fatores, entre os quais o nível de rendimento obtido, o tipo de híbrido, a densidade de plantas, as características climáticas da região e o nível de fertilidade do solo.

### **2.2.2. Densidade populacional**

Entre as formas de manipulação do arranjo de plantas, a densidade populacional é a que tem maior efeito no rendimento de grãos de milho, já que pequenas alterações na população implicam modificações relativamente grandes no rendimento final (SILVA et al., 2006). Para estes autores, essa resposta está associada ao fato de que, diferentemente de outras espécies da família das poáceas, como por exemplo o sorgo,

o milho não possui mecanismos de compensação de espaços tão eficientes quanto às espécies que perfilham. Além de apresentar limitada capacidade de expansão foliar, baixa prolificidade e estrutura floral monóica.

O incremento na densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de se aumentar a interceptação da radiação solar incidente pela comunidade de plantas de milho. No entanto, o uso de densidades muito elevadas pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência da conversão de fotoassimilados em produção de grãos. Segundo PEREIRA (2006), em consequência disso, há um aumento de esterilidade feminina e redução do número de grãos por espiga e do rendimento de grãos.

A densidade populacional ótima para um determinado híbrido corresponde ao menor número de plantas por unidade de área que induz à maior produtividade. Para cada genótipo, região, época de semeadura e fertilidade do solo, tem-se uma população ótima. Portanto, esses fatores devem ser trabalhados em conjunto (NOVAIS, 1970). Assim, a produtividade tende a aumentar com a elevação da densidade populacional, até atingir a considerada ótima, a partir da qual decresce. Em populações menores ocorre certa compensação através do aumento no número de espigas devido à prolificidade do material e/ou variação no tamanho da espiga, o que pode minimizar a diferença da produtividade.

Em trabalhos desenvolvidos na região sul do Brasil, para determinar a densidade ótima de plantas em híbridos de milho com elevado potencial de rendimento de grãos (MUNDSTOCK, 1977, SILVA et al., 1999 e ALMEIDA et al., 2000b), as máximas produtividades foram obtidos com densidades iguais ou superiores a 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Estes resultados evidenciam que a recomendação de densidade de até 70 mil plantas ha<sup>-1</sup> pode ser ampliada em ambientes favoráveis para elevar o rendimento de grãos, desde que se usem híbridos tolerantes ao acamamento (ALMEIDA et al., 2000a).



### **2.2.3. Interação entre espaçamento e densidade populacional**

Com o surgimento de novos genótipos e técnicas de manejo para a cultura do milho, numerosos estudos têm sido realizados para a determinação do melhor espaçamento e densidade de semeadura. Os resultados encontrados variam em função do tipo e fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, luminosidade, híbridos e variedades utilizadas, adubações e manejo empregado (PEREIRA FILHO, et al., 1998). Todavia, SANGOI et al. (2002) consideram essenciais, e ao mesmo tempo escassos no Brasil, trabalhos que visam quantificar o efeito do aumento da população de plantas sobre a performance de híbridos de milho cultivados em diferentes épocas, assim como identificar características morfológicas, fisiológicas e fenológicas que contribuam para tal. De mesma forma, MOLIN (2000) salienta que a quantidade atual de pesquisa disponível não permite o estabelecimento da frequência de sucesso no uso de redução do espaçamento, visando incremento de produtividade. Para ARGENTA (2001), justifica-se reavaliar as recomendações de espaçamentos e densidades de semeadura para a cultura de milho, em virtude das modificações introduzidas nos genótipos mais recentes, tais como menor estatura das plantas e altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do subperíodo pendramento-espigamento, angulação mais ereta de folhas e elevado potencial produtivo.

Num trabalho realizado no município de Chariton, IA, Estados Unidos, FARNHAM et al. (2002a) conduziram um experimento com um só genótipo, objetivando identificar os benefícios da redução do espaçamento entre as linhas e determinar a população ótima para cada um, através do arranjo entre três populações (60, 70 e 80 mil plantas  $ha^{-1}$ ) e três espaçamentos (58, 76 e 96 cm). Não foi observada interação significativa entre a população de plantas e o espaçamento entre as linhas. No entanto, com a população de 80 mil plantas  $ha^{-1}$ , a produtividade no espaçamento de 76 cm foi significativamente maior, em relação a 96 cm, indicando os benefícios oriundos da redução de estresse ambiental pela melhoria no arranjo espacial das plantas. Provavelmente pelas mesmas razões, nas populações de 60 e 70 mil plantas  $ha^{-1}$ , as produtividades obtidas nos espaçamentos de 58 e 76 cm foram significativamente maiores em relação ao espaçamento de 96 cm entre as linhas.

MARTINS e COSTA (2003), avaliando o rendimento de grãos e outras características agronômicas de um híbrido de milho hiperprecoce (AG9010), submetido aos espaçamentos de 45 e 90 cm entre as linhas e as populações de plantas de 60, 70 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, também não obtiveram resultados significativos na interação entre o espaçamento entre as linhas e a densidade de plantas. No entanto, o rendimento de grãos aumentou linearmente com o aumento da população de plantas em ambos os espaçamentos.

#### **2.2.4. Interação entre arranjo populacional e genótipo**

Para PALHARES (2003), pode-se considerar que a resposta dos genótipos à redução de espaçamento entre as linhas é variável, também, diante da imprevisibilidade das condições ambientais ao longo das safras (diferentes condições de temperatura, qualidade de luz, disponibilidade de água e nutrientes) à qual as plantas são expostas, interferindo diretamente na eficiência de conversão da radiação. Em um trabalho realizado por FERNHAM et al. (2002b), em Sutherland, IA, Estados Unidos, seis híbridos de milho foram avaliados na população de 70 mil plantas ha<sup>-1</sup>, e dois espaçamentos (38 e 76 cm), durante as safras de 1996/1997, 1997/1998 e 1998/1999, cujos experimentos foram instalados no mesmo dia e local, em cada safra. As médias de produtividades de todos os híbridos, ao longo dos três anos, foi 3% superior no espaçamento de 38 cm entre as linhas, em relação àquela obtida no espaçamento de 76 cm. Apenas na safra de 1997/1998 observaram-se diferenças significativas na produtividade de quatro dos seis híbridos, em que as maiores produtividades foram atingidas pelo uso do espaçamento 38 cm.

POZAR (1981), com o objetivo de avaliar a influência da interação entre genótipos com diferentes arquiteturas foliares e o espaçamento na produtividade de grãos de milho, utilizou quatro espaçamentos entre as linhas (60, 80, 100, e 120 cm) numa densidade de 50 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Os resultados indicaram uma superioridade para os genótipos com folhas eretas, nos espaçamentos mais estreitos, e uma relação inversa nos espaçamentos maiores.

Avaliando a produtividade de três cultivares de milho em quatro densidades populacionais (40, 60, 80 e 100 mil plantas  $ha^{-1}$ ) em área irrigada, FRANÇA et al. (1990) encontraram interações significativas entre cultivares e populações de plantas, ou seja, a resposta ao aumento da densidade populacional depende do genótipo utilizado.

PEREIRA (1991) ao verificar o comportamento de três cultivares de milho nas densidades de 20, 40 e 80 mil plantas  $ha^{-1}$ , observou que a produtividade das cultivares aumentou linearmente com a elevação do número de plantas por área, ocorrendo, no entanto, uma certa compensação pela maior prolificidade nas menores populações, o que contribuiu para que a diferença na produtividade não fosse tão acentuada.

Na tentativa de verificar o comportamento de genótipos de milho submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades de semeadura, em Lavras, MG, SERGIO et al. (2002) avaliaram dez genótipos de milho em três espaçamentos (45, 70 e 90 cm), combinados com três populações de plantas (55, 70 e 90 mil plantas  $ha^{-1}$ ). Os resultados indicaram que o espaçamento de 70 cm proporcionou produtividade de grãos 17% superior ao espaçamento de 90 cm e 33% superior ao espaçamento de 45 cm. Porém, este último espaçamento, combinado com 70 mil plantas  $ha^{-1}$ , proporcionou produção média de 4,8% superior àquela obtida na combinação com 55 mil plantas  $ha^{-1}$ . Nos espaçamentos de 70 e 90 cm, as mesmas diferenças foram respectivamente de 5,9% e 3,9% entre as duas populações mencionadas, podendo-se atribuí-las aos diferentes níveis de competição intra-específica estabelecidos com cada arranjo espacial de plantas. Pode-se considerar que, naquelas condições, a redução do espaçamento permitiu o aumento da população final, induzindo incremento de produtividade. Diferenças significativas entre genótipos também foram observadas, indicando adaptabilidade variável em função das características fenotípicas, dos espaçamentos e das densidades utilizadas. A densidade de plantas que proporcionou maior produtividade de grãos foi a de 70 mil plantas  $ha^{-1}$ , seguida pela de 90 mil plantas  $ha^{-1}$ , independentemente do espaçamento utilizado.

Segundo PALHARES (2003), a adaptabilidade variável observada entre diferentes genótipos de milho sob diversos arranjos espaciais de plantas, certamente está associada à sua arquitetura foliar. O conceito atual de um genótipo moderno prevê

a existência de um grande número de folhas com lâminas eretas e estreitas acima da espiga, pois estas são responsáveis por cerca de 50 a 80% da matéria seca acumulada nos grãos (FORNASIERI FILHO, 2007). Porém, MAGALHÃES & PAIVA (1993) ressaltam que, apesar da melhor interceptação de luz nesses genótipos modernos, muitos deles podem apresentar a limitação para a produção de grãos relacionada diretamente com sua habilidade em mobilizar e armazenar produtos fotossintetizados nos grãos e não na capacidade de produzir metabólitos (relação fonte/dreno), referindo-se ao modo de partição de fotoassimilados. Significa dizer que os sítios de atração e utilização de metabólitos (drenos), ao invés dos sítios de produção (fontes), são os reais agentes limitantes da taxa de produção de matéria seca.

#### **2.2.5. Relação fonte/dreno de fotoassimilados**

As variações observadas no índice de colheita das cultivares de milho estão diretamente associadas à capacidade de cada genótipo de translocar fotoassimilados para os grãos (MUNDSTOCK & SILVA, 1989). Exigências calóricas contrastantes para o florescimento podem levar a diferenças na taxa e período de alocação de matéria seca nos grãos durante o seu enchimento. Tais contrastes podem estar vinculados a diferenças na atividade fotossintética das folhas, na longevidade foliar, na capacidade de remobilização de reservas do colmo para os grãos, na demanda competitiva exercida por outras estruturas da planta na fase reprodutiva da cultura, e na eficiência ou força de dreno da espiga (TOLLENAAR et al., 1994).

Além da exigência calórica do material, dois fatores que podem modificar drasticamente as relações entre fonte e dreno e interferir na distribuição e acúmulo de matéria seca da planta são a densidade de semeadura e a desfolha durante a fase de florescimento. O incremento na população de plantas por área promove maior competição intra-específica pelos recursos do ambiente, reduzindo a área foliar por planta e aumentando o sombreamento na comunidade (SANGOI & SALVADOR, 1998). Ambas as características podem, dependendo da magnitude da população, reduzir a

quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, alterando a taxa e duração do período de enchimento dos grãos (RUGET, 1993).

O efeito do incremento na população sobre a distribuição e acúmulo de matéria seca nos grãos pode diferir em função da exigência calórica da cultivar para florescer. Híbridos superprecoces, por produzirem uma quantidade de fitomassa menor, são considerados mais tolerantes ao adensamento do que os híbridos tardios (ALMEIDA & SANGOI, 1996; SANGOI, 2001). Esta afirmação tem sido feita com base na produtividade final da cultura, havendo poucos registros de trabalhos que avaliem os efeitos da variação na população sobre a taxa e acúmulo de matéria seca na planta de híbridos contrastantes em ciclo, durante todo o período de enchimento dos grãos.

De modo geral, três modelos de alocação de fotoassimilados foram sugeridos para as fases vegetativas e de enchimento de grãos de trigo (GENT, 1994), e que poderiam ser válidos para o milho. Num primeiro modelo, considera-se não haver reservas de fotoassimilados. Todo o fluxo da fotossíntese é direcionado à formação de biomassa estrutural durante o crescimento vegetativo e, no crescimento reprodutivo, ao enchimento de grãos, não havendo alteração da biomassa estrutural. Neste modelo, os excedentes da fotossíntese são dissipados pela respiração, ou a fotossíntese sofre redução regulatória. Num segundo modelo, considera-se que os fotoassimilados produzidos durante a fase vegetativa destinam-se tanto ao desenvolvimento da planta quanto à formação de reserva de biomassa que sustentaria a respiração e a manutenção durante o crescimento vegetativo e serviria, durante o crescimento reprodutivo, também como fonte para o enchimento de grãos. Num terceiro modelo, propõe-se que o fluxo de fotoassimilados é primeiramente destinado para pontos de reserva em diferentes órgãos da planta, e que qualquer atividade, seja de crescimento, manutenção ou reprodução, seria dependente de uma conversão contínua desses fotoassimilados de reserva. Neste modelo não se considera, portanto, que na fase reprodutiva haja um fluxo da fotossíntese direto para o crescimento de grãos.

No caso do milho, existem trabalhos na literatura afirmando que o incremento da densidade de plantas reduz a disponibilidade de fotoassimilados para o enchimento dos grãos e manutenção das demais estruturas do vegetal (SANGOI et al., 2000). Outros,

por sua vez, afirmam que após a floração, o fluxo de fotoassimilados dentro da planta é direcionado prioritariamente aos grãos. Quando o aparato fotossintético não produz carboidratos em quantidade suficiente para a manutenção de todos os drenos leva os tecidos da raiz e da base do colmo a senescerem precocemente, fragilizando estas regiões (TOLLENAAR et al., 1994). E ainda, a utilização de baixa densidade de semeadura pode redundar em excesso de atividade da fonte em relação à demanda, principalmente no início do enchimento dos grãos quando a força de dreno da espiga é pequena.

Um outro fator que é alterado pelo incremento populacional de plantas de milho, e que está relacionado com o comportamento de fonte e dreno de fotoassimilados, é a capacidade de redistribuição de nutrientes das diferentes partes da planta para os grãos. RODRIGUES (1977) e POLLMER et al. (1979), verificaram que por meio da interação do híbrido e o ambiente, ocorre efeitos diferenciais na eficiência de translocação de nutrientes para os grãos.

Na literatura é possível encontrar diversas modificações nas características agrônômicas das plantas de milho submetidas a diferentes densidades populacionais. AMARAL FILHO et al. (2005), por exemplo, avaliando espaçamentos, densidades e adubação nitrogenada na cultura de milho, verificaram aumento da massa de grãos, na produtividade e no teor de proteína bruta nos grãos com o aumento populacional das plantas de milho e redução do número de grãos por espiga e espiga por planta.

Quantitativamente, o crescimento dos grãos pode ser avaliado em termos da capacidade da planta em suprir substrato para o crescimento (fonte) e do potencial dos grãos (dreno) em acumular o substrato disponível (TOLLENAAR & DAYNARD, 1977). De acordo com DUNCAN (1975), no milho, ao redor do período da antese, geralmente a produção de fotoassimilados é maior que aquela demandada pelos órgãos reprodutivos, sendo o seu excesso armazenado como reserva, principalmente nos colmos e bainhas. Posteriormente, durante o período de crescimento intenso dos grãos, se a produção de fotoassimilados for insuficiente para atender a demanda dos grãos, as reservas podem ser remobilizadas e utilizadas como fonte suplementar (TOLLENAAR, 1977; MACHADO et al., 1982). Desta forma, para TOLLENAAR (1977) e RUGET

(1993), o colmo é uma importante estrutura de armazenamento temporário de açúcares nas primeiras semanas após a fertilização dos grãos, quando a capacidade fotossintética pela planta é máxima e a demanda da espiga por fotoassimilados é pequena. Pode-se então dizer que o eficiente transporte de materiais produzidos e acumulados nas folhas, em direção aos grãos em formação, é de grande importância para garantir alta produtividade. No entanto, havendo um dreno forte, é possível alcançar rendimentos satisfatórios, mesmo com efeito da competição intra e interespecífica das plantas, causadas pela aumento da densidade populacional e diminuição do espaçamento entre as linhas, mediante a redistribuição de assimilados acumulados em outros órgãos da planta. Neste contexto, RAJCAN & TOLLENAAR (1999) acreditam que os colmos são estruturas modeladoras de grande importância para a definição do rendimento dos grãos quando a planta passa por qualquer tipo de stress na fase reprodutiva. Isto significa dizer que o colmo pode atuar como órgão equilibrador da limitação de fonte, promovendo a remobilização dos carboidratos de reserva armazenados até o início do enchimento dos grãos.

Segundo SETTER & FLANNIGAN (1986) e TA et al. (1993), existem evidências de que o colmo das plantas de milho funcione alternativamente como órgão de importação e exportação de metabólitos durante o desenvolvimento da planta e que, dependendo das condições fotossintéticas, do manejo e da demanda pelos demais órgãos, boa parte dos fotoassimilados necessária para o desenvolvimento dos grãos em formação pode vir de colmo e não apenas da fotossíntese que está sendo realizada naquela fase.

O nitrogênio é necessário para a estabilização e manutenção dos processos enzimáticos essenciais para a utilização do C e do crescimento e é também o principal constituinte do armazenamento de proteína no endosperma. A sacarose, responsável pelo fornecimento de C, é um precursor para a produção de amido, que é usado para a geração de energia (ZINSELMEIRE et al., 1995). O nitrogênio também desempenha um papel fundamental na manutenção da atividade metabólica responsável pela produção de fotoassimilados para manutenção da fonte (folha) e do dreno (grãos) que, em conjunto determinam o estabelecimento, a formação inicial e o ritmo de enchimento do

grão (BELOW et al., 1981; SINGLETARY & BELOW, 1990; FALEIROS et al., 1996; CAZETTA et al., 1999), exercendo elevada influência no rendimento de grãos da cultura.

A sacarose proveniente dos tecidos-fonte, ao chegar às regiões de utilização, será inicialmente hidrolisada em frutose e glicose (açúcares redutores), antes de ser utilizada em algum processo metabólico, existindo, dois possíveis sítios na célula vegetal para a ocorrência desse evento. Em alguns casos, a sacarose será hidrolisada na região apoplástica das células dos tecidos-dreno numa reação catalisada pela enzima invertase. O resultado dessa reação é a produção de uma molécula de glicose e uma de frutose que, por sua vez, serão assimiladas pelas células com o auxílio de transportadores de hexoses localizados na membrana plasmática (TUBBE & BUCKHOUT, 1992; YLSTRA et al., 1998).

Outra possibilidade é a assimilação da sacarose e sua metabolização dentro da célula pela enzima sintetase da sacarose, cuja ação produzirá uma molécula de UDP-glicose e uma de frutose. Uma ou outra via, seria a hidrólise mediada pela invertase da parede celular, principalmente em tecidos-dreno nas fases iniciais do seu desenvolvimento (MILLER & CHOUREY, 1992; ROITSH et al., 1995).

Além do controle exercido pela sacarose, glicose e frutose, sobre o metabolismo e o desenvolvimento dos grãos (DOEHLERT et al., 1998), os metabólitos do nitrogênio parecem também afetar a deposição do amido (SINGLETARY & BELOW, 1989; SINGLETARY & BELOW, 1990; CAZETTA et al., 1999).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido em condições de campo, na Fazenda Experimental da Unesp, Campus de Jaboticabal, em Latossolo Vermelho eutrófico típico, textura argilosa, A moderado. A área experimental está situada a 21°15'22" de latitude sul, e longitude 48°18'58" WGr e a uma altitude de 605m. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é de transição entre os tipos Cwa (Clima tropical de altitude com inverno seco e verão úmido) e Aw (Tropical chuvoso com inverno seco).

#### 3.2. Instalação e condução do experimento

Antes da instalação do experimento, foram coletadas trinta e seis amostras simples de solo, para formar uma amostra composta da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm e realizada a análise química do solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resultados da análise química do solo, utilizado no experimento de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

Prof. cm	P resina mg/dm <sup>3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O g/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg	H+Al mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB	CTC	V %
0-20	39	5,2	25	5,4	26	10	31	41,4	42,4	57,2

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com parcelas sub-subdivididas com 24 tratamentos, com três repetições. As parcelas principais foram constituídas por três espaçamentos entre as linhas (40, 60 e 80 cm); as subparcelas por dois híbridos simples (30K73 e 30F80) e as sub-subparcelas por quatro densidades populacionais (30, 50, 70 e 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>).

No espaçamento de 40 cm entre as linhas, cada parcela com 24 m<sup>2</sup> foi constituída de doze linhas de cinco metros de comprimento, sendo consideradas para avaliação as oito linhas centrais; no espaçamento de 60 cm entre as linhas, cada parcela com 24 m<sup>2</sup> foi constituída de oito linhas de cinco metros de comprimento, sendo consideradas para avaliação as seis linhas centrais; e no espaçamento de 80 cm entre as linhas, cada parcela com 24 m<sup>2</sup> foi constituída de seis linhas de cinco metros de comprimento, sendo consideradas para avaliação as quatro linhas centrais, excluindo-se, em cada espaçamento, um metro de cada extremidade.

Utilizaram-se dois híbridos simples de milho, um com introgressão de germoplasma de clima temperado (30K73) e outro com germoplasma de clima tropical (30F80), ambos de ciclo semiprecoce, com alta defensividade perante as principais doenças e com elevado potencial produtivo, recomendados para o Estado de São Paulo nas condições de Centro Baixo.

A adubação de semeadura do milho foi constituída de 350 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 2-20-20, calculada por metro linear de acordo com o espaçamento entre as linhas e com as características químicas do solo, considerando a produtividade máxima esperada de 10 a 12 t ha<sup>-1</sup> (RAIJ & CANTARELLA, 1997).

O solo foi preparado fisicamente por meio de uma gradagem com grade pesada, uma aração com aivecas e uma gradagem com grade niveladora, sendo a semeadura efetuada manualmente no dia 11 de dezembro de 2006, nos sulcos previamente adubados mecanicamente. A quantidade de plantas por unidade de área foi relacionada com a quantidade de sementes utilizadas e com a sua distribuição na linha, utilizando-se duas sementes por cova. O desbaste foi realizado aos quinze dias após semeadura, garantindo-se o número de plantas e a sua distribuição espacial correspondente à população dos respectivos tratamentos (Tabela 2).

As adubações de coberturas foram realizadas nos estádios de cinco e oito folhas, onde foram aplicados 250 kg da formulação 20-0-20 e 350 kg de sulfato de amônio [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>], respectivamente.

As plantas foram mantidas em condições adequadas de sanidade, fazendo-se o controle de insetos-praga e de plantas invasoras. O controle de plantas invasoras foi

realizado na pré-emergência, com a aplicação de 4,5 L ha<sup>-1</sup> do princípio ativo atrazina, logo após a semeadura, e posteriormente com capina manual. Para o controle de insetos-praga, em especial de lagarta-do-cartucho, foram realizadas as aplicações de 800 mL ha<sup>-1</sup> de clorpirifós, 400 mL ha<sup>-1</sup> de deltametrina e 600 mL ha<sup>-1</sup> de clorpirifós com 300 mL ha<sup>-1</sup> de lufenuron, aos onze, dezoito e trinta e um dias após semeadura, respectivamente.

**Tabela 2.** Distribuição espacial de plantas de milho (número de plantas na linha e distância entre as plantas), correspondente à população de cada tratamento no experimento de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

Espaçamento entre as linhas (cm)	Densidade populacional							
	30 mil plantas/ha		50 mil plantas/ha		70 mil plantas/ha		90 mil plantas/ha	
	N.º plantas em 5 m de linha	Distância entre plantas na linha (cm)	N.º plantas em 5 m de linha	Distância entre plantas na linha (cm)	N.º plantas em 5 m de linha	Distância entre plantas na linha (cm)	N.º plantas em 5 m de linha	Distância entre plantas na linha (cm)
40	6	83	10	50	14	36	18	28
60	9	55	15	33	21	24	27	18
80	12	40	20	25	27	18	36	14

### 3.3. Avaliação das características agronômicas

No decorrer do período experimental foram feitas as seguintes avaliações:

- *Estatuta de plantas* – determinada pela distância entre a superfície do solo e a extremidade da inflorescência masculina, antes da colheita, numa amostragem de cinco plantas da área útil de cada sub-subparcela, com dados expressos em cm.

- *Altura de inserção da 1ª espiga* – determinada pela distância, em centímetros, entre a superfície do solo e da inserção da espiga superior, numa amostragem de cinco plantas da área útil de cada sub-subparcela, com dados expressos em cm.
  
- *Número de espigas por planta* - contado o n.º de espigas por planta, antes da colheita, numa amostragem de dez primeiras espigas coletadas de plantas de cada sub-subparcela.
  
- *Diâmetro do colmo* – determinado por meio de paquímetro, no primeiro entrenó acima do colo da planta, numa amostragem de cinco plantas da área útil de cada sub-subparcela, com dados expressos em mm.
  
- *Acamamento e quebramento de plantas* – contadas como acamadas, na área útil das sub-subparcelas as plantas que apresentaram ângulo de inclinação superior a 30º com a vertical e, como quebradas, as plantas que se apresentarem quebradas abaixo da espiga superior, e transformados os dados em percentagem.
  
- *Número de grãos por espiga* – contado o n.º de grãos por espiga, numa amostragem de dez primeiras espigas da área útil de cada sub-subparcela.
  
- *Massa de grão por espiga* – foi determinada pela pesagem do número total de grãos por espiga, numa amostragem de dez primeiras espigas coletadas de plantas de cada sub-subparcela, com dados expressos em gramas e corrigido para 13% de teor umidade.
  
- *Massa de mil grãos* – determinada pela somatória das pesagens de dez sub-amostras de cem grãos, tomadas de amostras de grãos de dez espigas de cada sub-subparcela, com dados expressos em gramas, corrigidos para 13% de teor umidade.

- *Produtividade de grãos* – determinada após a colheita e pesagem dos grãos da área útil de cada sub-subparcela, com os grãos corrigidos para o teor de umidade de 13%, com dados expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

- *Índice de colheita* – relação entre a produção de matéria seca de grãos e a produção de matéria seca ao ar total da planta (menos raízes), com dados expressos em porcentagem.

### **3.4. Análises químicas dos grãos**

Foram retiradas amostras de grão de cada tratamento, os quais foram moídos para a realização das análises químicas dos grãos, que foram executadas no laboratório de química e bioquímica de plantas do Departamento de Tecnologia da Unesp, Câmpus de Jaboticabal e se constituíram nas determinações descritas nos itens a seguir.

A preparação do extrato foi obtida através da pesagem de 25 mg de amostra, de cada tratamento, e agitada em um tubo de centrífuga contendo 1 mL de etanol 80% e a seguir colocada em banho-maria a 60°C, por 30 minutos. O extrato foi centrifugado a 1200g por 20 minutos e posteriormente o sobrenadante foi retirado e o processo foi repetido mais duas vezes. O resíduo insolúvel foi congelado para posterior determinação de amido e os sobrenadantes, das três extrações sucessivas, foram misturados, sendo o volume completado para 8 mL. A seguir, a suspensão foi mantida em banho de gelo por uma hora, com posterior centrifugação a 1200g, por 20 minutos. O sobrenadante final foi utilizado para a determinação de açúcares redutores e sacarose (SINGLETARY & BELOW, 1989; FALEIROS et al., 1996).

#### **3.4.1. Sacarose**

Para evitar a interferência dos monossacarídeos, alíquotas do extrato (preparado como descrito no item 3.4.) sofreram a adição de NaOH 0,4 M e em seguida foram colocadas em banho-maria fervente, por um período de 10 minutos (HANDEL, 1968). A

seguir as amostras foram esfriadas e o teor de sacarose foi determinado através da reação quantitativa com resorcinol, com posterior leitura espectrofotométrica a 520 nm (ROE, 1934; RUFTY et al., 1983; FIUEW & WILLENBRINK, 1987).

### **3.4.2. Açúcares redutores**

Os teores de açúcares redutores foram determinados no extrato preparado como descrito no item 3.4., através da reação com DNSA (ácido 3,5-dinitrosalicílico), com posterior determinação espectrofotométrica a 520 nm (MILLER, 1959; FALEIROS et al., 1996).

### **3.4.3. Amido**

O amido foi determinado no resíduo resultante do preparo do extrato descrito no item 3.4.. O resíduo foi suspenso com KOH 0,2 N, num tubo de ensaio de polipropileno (HENDRIX, 1993) e aquecido por 30 minutos em banho-maria fervente. Após o resfriamento, o pH foi ajustado para aproximadamente 5,0, utilizando-se ácido acético 1 N. A seguir, foi adicionado tampão acetato 50 mM, pH 5,0, contendo amiloglicosidase (50 UI/mL) e amilase (50 UI/mL) e, então, incubados por 24 horas a 36°C. Depois da incubação a suspensão foi diluída, centrifugada (1.200g por 20 minutos) e o sobrenadante analisado para glicose (BROWN & HUBBER, 1988; SCHAFFER, 1987). O teor de amido foi obtido através da multiplicação do teor de glicose por 0,9 (FALEIROS et al., 1996).

## **3.5. Análise estatística dos dados**

Os resultados obtidos foram submetidos, pelo programa informático ESTAT, à análise de variância pelo teste F; as médias das variáveis qualitativas comparadas pelo teste de Tukey (5%) e quando necessário para discussão dos resultados, as médias das variáveis quantitativas submetidas à análise de regressão polinomial.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Componentes Agronômicos

#### 4.1.1. Estatura das plantas e altura de inserção da 1ª espiga

Conforme os resultados apresentados na Tabela 3, a estatura da planta e a altura de inserção da 1ª espiga não foram influenciadas pela diminuição do espaçamento entre as linhas. MARTINS & COSTA (2003), também não obtiveram alterações em ambos os componentes com a diminuição do espaçamento entre as linhas de 90 para 45 cm; entretanto, PENARIOL et al. (2003), avaliando o desempenho agronômico de cultivares contrastantes de milho em três espaçamentos entre as linhas (40, 60 e 80 cm) e três densidades de semeadura (40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>) observaram incremento na estatura de plantas e na altura de inserção da 1ª espiga com a redução do espaçamento entre as linhas. ALVAREZ et al. (2006), avaliando o comportamento de híbridos de milho de diferentes arquiteturas foliares, submetidos a dois espaçamentos entre as linhas (70 e 90 cm) e duas densidades populacionais (55 e 75 mil plantas ha<sup>-1</sup>), em dois anos agrícolas, também observaram incremento na estatura das plantas com a redução no espaçamento entre as linhas.

Os híbridos 30K73 e 30F80 diferiram entre si em relação à estatura da planta e responderam de forma linear positiva nesse componente, com o aumento da densidade populacional (Figura 1), com o 30K73 respondendo de forma mais intensa ao incremento populacional. Com relação à altura de inserção da espiga na planta não se verificou diferenças entre os híbridos, obtendo-se com o aumento da densidade populacional, incrementos na altura de inserção da 1ª espiga (Tabela 3). Também ARGENTA et al. (2001) e ALVAREZ et al. (2006), observaram maiores alturas de plantas e de inserção da espiga na planta com o aumento da densidade populacional, sugerindo uma tendência natural de aumento de altura de plantas em situações de alta densidade. Segundo SANGOI (2001) e ARGENTA et al. (2001), a estatura das plantas será tanto maior quanto maior a população, devido ao efeito combinado da competição intra-específica por luz, com conseqüente estímulo da dominância apical das plantas.

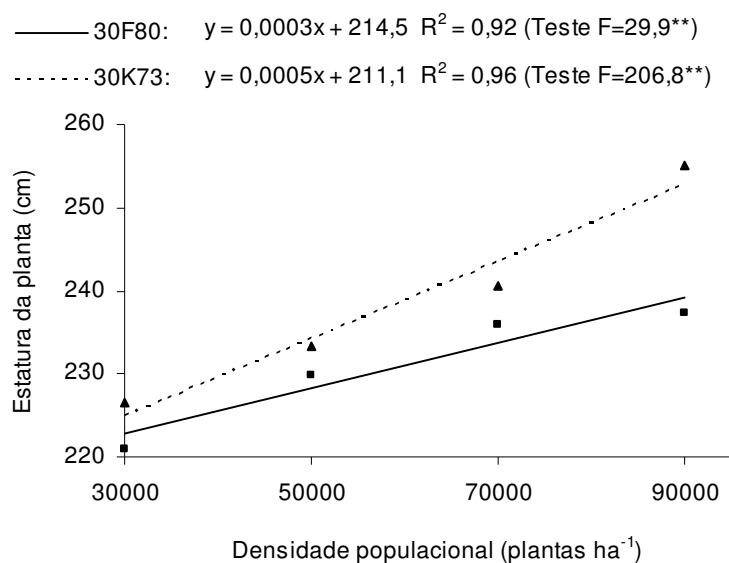
**Tabela 3.** Valores médios da estatura da planta, altura da 1ª espiga e diâmetro do colmo, dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

Tratamentos	Estatura da planta (cm)	Altura da 1ª espiga (cm)	Diametro de colmo (mm)
<b>Espaçamento - (E)</b>			
40 cm	234	96	22,5
60 cm	237	97	22,1
80 cm	234	94	22,6
Teste F	0,35 <sup>NS</sup>	0,30 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>
DMS	-	-	-
<b>Híbridos - (H)</b>			
30K73	239	95	21,8b
30F80	231	98	22,9a
Teste F	7,98*	3,10 <sup>NS</sup>	36,21**
DMS	6,81	-	0,48
<b>Densidade populacional - (D)</b>			
30.000 plantas ha <sup>-1</sup>	224	87	23,2
50.000 plantas ha <sup>-1</sup>	232	94	22,7
70.000 plantas ha <sup>-1</sup>	238	99	22,3
90.000 plantas ha <sup>-1</sup>	246	104	21,4
Teste F	49,2**	30,3**	7,99**
DMS	5,17	4,94	1,03
Teste F (Interação ExH)	0,01 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	1,04 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExD)	1,07 <sup>NS</sup>	1,19 <sup>NS</sup>	2,18 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação HxD)	5,87**	0,18 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExHxD)	0,67 <sup>NS</sup>	0,73 <sup>NS</sup>	0,78 <sup>NS</sup>
C.V. (%) espaçamento	5,81	14,22	8,47
C.V. (%) híbridos	5,03	7,25	3,70
C.V. (%) densidade populacional	2,45	5,72	5,13

N.S. = não significativo; \* e \*\* = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.





**Figura 1.** Estatura da plantas (cm) em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

#### 4.1.2. Diâmetro de colmo

A redução do espaçamento entre as linhas, de 80 para 40 cm, não afetou o diâmetro de colmo das plantas de milho (Tabela 3). No entanto, esta variável apresentou diferenças significativas quanto ao híbrido e quanto à densidade populacional, similarmente ao observado por DOURADO NETO et al. (2003), em que a redução da população de plantas, resultou no aumento do diâmetro de colmo, havendo diferenças entre os genótipos quanto a este componente. O aumento da densidade de plantas, de 30 mil para 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>, provocou uma diminuição do diâmetro de colmo (Tabela 3), o que está de acordo com PORTER et al. (1997), AMARAL FILHO (2002) e com DOURADO NETO et al. (2003), que observaram que quanto maior a densidade populacional menor o diâmetro do colmo. Segundo GROSS et al. (2006), o aumento da densidade populacional interfere na massa individual das plantas, obtendo-se um decréscimo de matéria seca individual, nomeadamente do colmo, como resultado da competição entre elas pelos recursos do meio. Isto leva a inferir que as plantas tendem a ficar mais susceptíveis ao quebramento e/ou acamamento com o incremento populacional, havendo diferenças entre genótipos, com o 30F80 apresentando colmos

com maior diâmetro (Tabela 3). Segundo BRUNS & ABBAS (2005), o aumento da densidade populacional, na maioria dos cereais da família das *Poaceae*, resulta na produção de plantas mais altas e com colmos de menor diâmetro e mais susceptíveis ao acamamento e quebramento.

#### **4.1.3. Acamamento e quebramento de plantas**

A qualidade de colmo é uma das mais importantes características do milho para a produção em larga escala com colheita mecanizada, podendo ser avaliada pela porcentagem de plantas acamadas e quebradas (MIRANDA, et al., 2003). Entretanto, como no presente trabalho, o número de plantas acamadas e quebradas foi muito baixo, não são apresentados os seus dados estatísticos, verificando-se assim que o acamamento e quebramento de plantas não foram influenciados por nenhuma das variáveis estudadas (espaçamento entre as linhas, híbridos e densidades populacionais). Um dos fatores que pode ter contribuído para isso é que ambos os híbridos apresentarem elevado “stay green”, minimizando a ocorrência de podridões do colmo e das raízes, potenciais causadoras do acamamento e do quebramento.

Resultados semelhantes foram obtidos por BRUNS & ABBAS (2005), que não encontraram diferenças no acamamento e quebramento de plantas de milho, quando submetidas a diferentes densidades populacionais. No entanto estes autores ressaltam que, o aumento de plantas acamadas em milho pode resultar numa diminuição da produtividade dos grãos pelo acamamento e quebramento de plantas que posiciona as espigas maduras muito próximas do solo para uma colheita mecanizada bem sucedida. Por isso, a escolha de híbridos resistentes as estes componentes é de fundamental importância para o adensamento populacional.

GROSS et al. (2006), avaliando a influência de quatro épocas de aplicação da adubação nitrogenada, associadas a três densidades de semeadura (55, 70 e 85 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e dois espaçamentos entre as linhas (45 e 90 cm), para duas cultivares de milho na Região Sul de Minas Gerais, observaram aumento linear entre a porcentagem de plantas acamadas e quebradas com o incremento nas densidades de plantas, nos dois espaçamentos.

#### **4.1.4. Número de espigas por planta**

A prolificidade das plantas de milho não foi afetada pela diminuição do espaçamento entre as linhas (Tabela 4). No entanto, tanto os híbridos como as densidades populacionais apresentaram diferenças significativas em relação a este componente.

Entre os híbridos estudados, o 30K73 apresentou maior prolificidade que o P30F80, com médias de 1,5 e 1,2 espigas por planta, respectivamente.

O aumento da densidade populacional provocou diminuição da prolificidade das plantas. Assim sendo, as densidades populacionais de 30 mil e 50 mil plantas  $ha^{-1}$  foram as que apresentaram maior número de espigas por planta. Isso acontece porque, nas baixas densidades populacionais, a competição entre as plantas pelos recursos do meio é pequena, disponibilizando às plantas os recursos necessários para o enchimento dos grãos em mais de uma espiga por planta. No entanto, a segunda espiga da planta é geralmente menor que a primeira, apresentando, por isso, também menor massa de grãos por espiga.

Segundo MARTINS et al. (2003), o maior n.<sup>o</sup> de espigas por planta foi encontrado na menor população estudada (50 mil plantas  $ha^{-1}$ ). De acordo com outro autor, PENARIOL et al. (2003), a prolificidade também foi afetada pelo número de plantas por área, sendo que os menores índices foram encontrados nas maiores densidades de semeadura. FORNASIERI FILHO (2007) cita que altas densidades populacionais podem causar alterações morfológicas e fisiológicas, dentre elas, o aumento do número de plantas sem espiga.

#### **4.1.5. Número de grãos na 1<sup>a</sup> espiga**

De uma forma geral, a média do n.<sup>o</sup> de grãos por espiga obtida nos diferentes tratamentos variou entre 461 e 531 grãos (Tabela 4). Estes valores encontram-se dentro do esperado, uma vez que, normalmente, a planta diferencia cerca de 1500 a 2000 óvulos fecundáveis, porém a média de sobrevivência é de apenas 400 a 500 grãos por espiga.

**Tabela 4.** Valores médios de n.º de espigas por planta, n.º de grãos na 1ª espigas e massa de grãos na 1ª espiga, dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

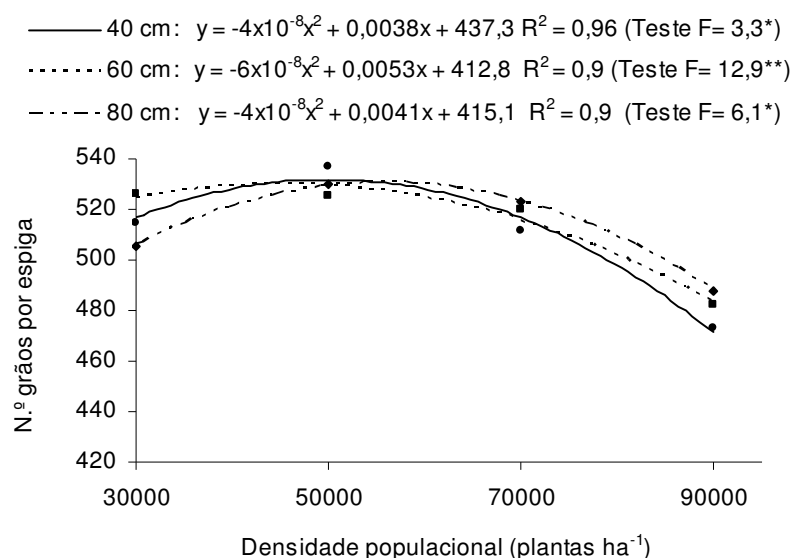
Tratamentos	N.º de espigas por planta	N.º grãos na 1ª espiga	Massa de grãos na 1ª espiga (g)
<b>Espaçamento - (E)</b>			
40 cm	1,37	504	167,1
60 cm	1,38	500	173,8
80 cm	1,33	512	167,3
Teste F	0,44 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	6,70 <sup>NS</sup>
DMS	-	-	-
<b>Híbridos - (H)</b>			
30K73	1,5a	493	158,3
30F80	1,2b	517	180,0
Teste F	65,3 <sup>**</sup>	8,73 <sup>*</sup>	55,51 <sup>*</sup>
DMS	0,07	19,5	6,96
<b>Densidade populacional - (D)</b>			
30.000 plantas ha <sup>-1</sup>	1,74	510	173,3
50.000 plantas ha <sup>-1</sup>	1,47	531	181,0
70.000 plantas ha <sup>-1</sup>	1,17	518	174,5
90.000 plantas ha <sup>-1</sup>	1,07	461	148,8
Teste F	33,17 <sup>**</sup>	28,10 <sup>**</sup>	20,64 <sup>**</sup>
DMS	0,20	21,8	11,9
Teste F (Interação ExH)	0,04 <sup>NS</sup>	1,45 <sup>NS</sup>	4,15 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExD)	0,35 <sup>NS</sup>	3,56 <sup>**</sup>	0,52 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação HxD)	1,17 <sup>NS</sup>	3,96 <sup>*</sup>	5,06 <sup>**</sup>
Teste F (Interação ExHxD)	0,48 <sup>NS</sup>	2,05 <sup>NS</sup>	2,35 <sup>NS</sup>
C.V. (%) espaçamento	13,85	7,35	4,28
C.V. (%) híbridos	8,99	6,7	7,13
C.V. (%) densidade populacional	16,61	4,81	7,79

N.S. = não significativo; \* e \*\* = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação ao n.º de grãos na 1ª espiga, foram observadas as interações entre densidade populacional e espaçamento entre as linhas e entre densidade populacional e híbridos (Tabela 4).

Em relação à interação densidade populacional e espaçamentos entre linhas, verificou-se que, nas populações de 30 mil a 90 mil plantas ha<sup>-1</sup>, os diversos espaçamentos entre as linhas possibilitaram a formação de espigas relativamente similares (Figura 2). O espaçamento entre as linhas de 40 cm apresentou um máximo de 532 grãos por espiga na população de 50 mil plantas ha<sup>-1</sup>, enquanto que os espaçamentos de 60 e 80 cm entre as linhas apresentaram a formação de, no máximo, 530 grãos por espiga, nas populações de 46 mil e 58 mil plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente.



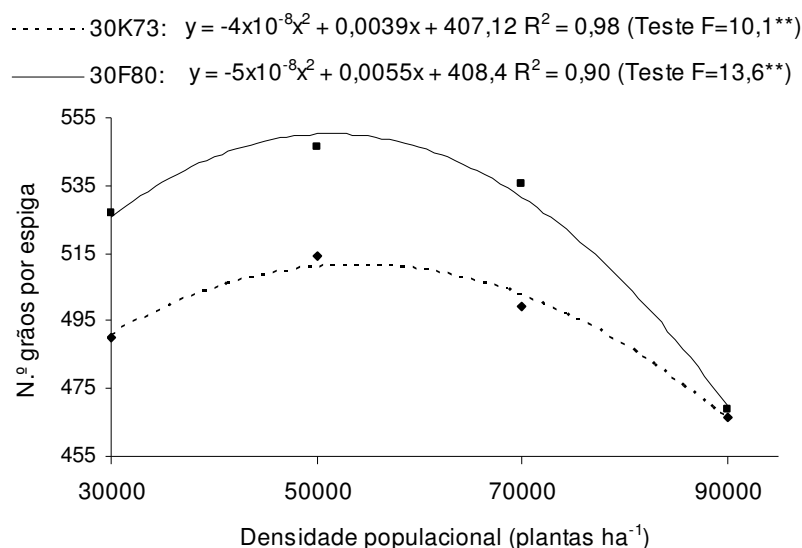
**Figura 2.** Número de grãos na 1ª espiga em função de diferentes densidades populacionais e espaçamentos entre as linhas. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

A partir da população de 60 mil plantas ha<sup>-1</sup> ocorreu redução nesse componente, principalmente nos espaçamentos de 40 e 60 cm. PENARIOL et al. (2003) e AMARAL FILHO (2002) também obtiveram redução no n.º de grãos por espiga com o aumento na densidade populacional de 40 para 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com o mesmo cultivar. Isto pode

ter ocorrido devido a uma melhor distribuição das plantas na área, possibilitando a maximização da atividade fotossintética pós-antese.

DOURADO NETO et al. (2003), verificaram que nas populações compreendidas entre 30 mil a 60 mil plantas  $ha^{-1}$ , os genótipos de milho, apresentaram incremento do comprimento de espiga pela redução do espaçamento de 80 cm para 40 cm. Para populações acima de 65 mil plantas  $ha^{-1}$ , isso não foi observado, provavelmente pela competição intra-específica por água, nutrientes e luz superar os efeitos do melhor arranjo espacial entre plantas. Segundo SANGOI et al. (2000) as plantas espaçadas equidistantemente competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores, favorecendo o melhor desenvolvimento das espigas.

Quanto à interação densidade populacional e híbridos, o 30F80 apresentou maior n.º de grãos na 1ª espiga apresentando um máximo de 550 grãos por espiga na população de 50 mil plantas  $ha^{-1}$ , enquanto que o híbrido 30K73 obteve 512 grãos por espiga na população de 55 mil plantas  $ha^{-1}$  (Figura 3). No entanto, o híbrido 30K73 também apresentou maior prolificidade que o 30F80, ou seja, mais de uma espiga comercial por planta.

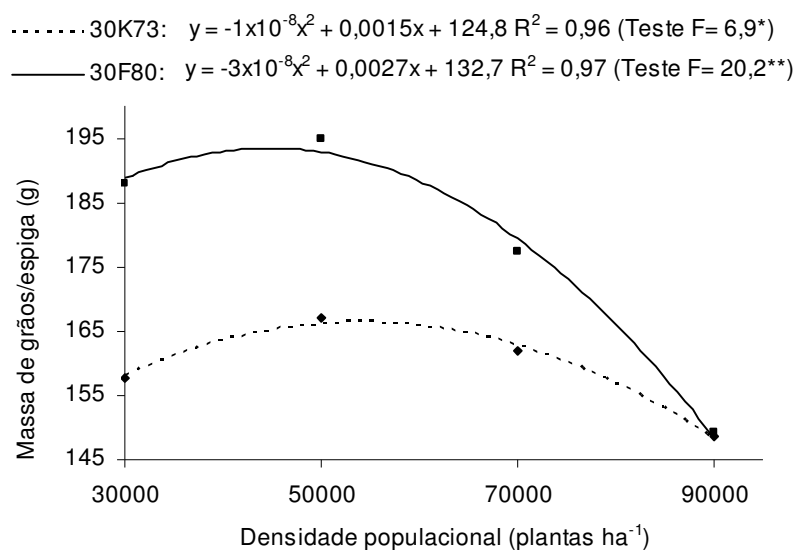


**Figura 3.** Número de grãos na 1ª espiga em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal - SP.

Em ambos os híbridos, até a população de plantas de 55 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , houve aumento do número de grãos na 1ª espiga. A partir dessa população, o aumento da densidade populacional provocou a diminuição desse componente, indicando, segundo BRUNS & ABBAS (2005), crescente competitividade por fotoassimilados, que são necessários para o crescimento reprodutivo.

#### 4.1.6. Massa de grãos na 1ª espiga

Embora o espaçamento entre as linhas não tenha influenciado a massa de grãos na 1ª espiga (Tabela 4), constatou-se uma interação positiva entre a densidade populacional e os híbridos.



**Figura 4.** Massa de grãos na 1ª espiga (g) em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

Assim sendo, observou-se que o híbrido 30F80 apresentou maior massa de grãos na 1ª espiga que o híbrido 30K73, reduzindo a diferença com o aumento da densidade populacional (Figura 4). Isto pode ser explicado pelo fato do híbrido 30K73 ter produzido espigas menores que o híbrido 30F80, pois apresentou maior

prolificidade, o que proporcionou maior número de espigas por planta, principalmente nas menores populações. No entanto, embora ocorressem diferenças significativas entre os híbridos, ambos apresentaram um comportamento semelhante em relação a esta variável, seguindo equações quadráticas negativas e se igualando na densidade populacional de 90 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Estes dados estão condizentes com os apresentados anteriormente (Figura 3), em relação ao n.º de grãos por espiga, comprovando que existe uma correlação direta entre número e massa de grãos na espiga.

Segundo BRUNS & ABBAS (2005) o aumento da densidade populacional resulta em menor massa de grãos por espiga, pois as plantas sujeitas a altas densidades populacionais sofrem mais stress induzido pela competição intra-específica por água, nutrientes e/ou luz. No entanto, esse stress não resulta necessariamente na diminuição da produtividade, uma vez que o aumento do número de plantas por área compensa tais perdas, até um ponto crítico.

#### **4.1.7. Massa de mil grãos**

O espaçamento entre as linhas não interferiu na massa de mil grãos (Tabela 5). AMARAL FILHO et al. (2005) estudando o espaçamento entre as linhas, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho, também não observaram diferenças significativas na massa de mil grãos, quanto ao espaçamento entre as linhas.

No entanto, este componente produtivo foi influenciado pela densidade populacional e pelos híbridos. Populações de plantas compreendidas entre 50 a 70 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$  possibilitaram a produção de grãos unitários mais pesados que os obtidos na população de 90 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , com o híbrido 30F80 apresentando maior massa de mil grãos que o híbrido 30K73 (Tabela 5). Como já foi explicado no item 4.2.3., a maior prolificidade do híbrido 30K73 possibilitou a formação de mais que uma espiga por planta, com grãos menores e, por isso, mais leves.



**Tabela 5.** Valores médios de massa de mil grãos, produtividade de grãos e índice de colheita, dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

Tratamentos	Massa de mil grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	Índice de colheita (%)
<b>Espaçamento - (E)</b>			
40 cm	324	11.512	42
60 cm	324	10.902	43
80 cm	313	10.297	41
Teste F	0,83 <sup>NS</sup>	145,0 <sup>**</sup>	1,78 <sup>NS</sup>
DMS	-	254	-
<b>Híbridos - (H)</b>			
30K73	303b	10.733	41b
30F80	337a	11.074	44a
Teste F	73,5 <sup>**</sup>	9,74 <sup>*</sup>	31,12 <sup>**</sup>
DMS	9,75	267	1,68
<b>Densidade populacional - (D)</b>			
30.000 plantas ha <sup>-1</sup>	322	6.561	42
50.000 plantas ha <sup>-1</sup>	326	10.608	43
70.000 plantas ha <sup>-1</sup>	327	13.488	42
90.000 plantas ha <sup>-1</sup>	306	12.960	42
Teste F	4,41 <sup>**</sup>	568,5 <sup>**</sup>	0,45 <sup>NS</sup>
DMS	17,8	504	-
Teste F (Interação ExH)	0,19 <sup>NS</sup>	0,49 <sup>NS</sup>	3,96 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExD)	0,53 <sup>NS</sup>	2,33 <sup>NS</sup>	2,4 <sup>*</sup>
Teste F (Interação HxD)	0,92 <sup>NS</sup>	4,80 <sup>**</sup>	2,11 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExHxD)	0,46 <sup>NS</sup>	1,77 <sup>NS</sup>	0,23 <sup>NS</sup>
C.V. (%) espaçamento	10,13	12,27	8,22
C.V. (%) híbridos	5,28	7,25	6,92
C.V. (%) densidade populacional	6,15	5,15	6,80

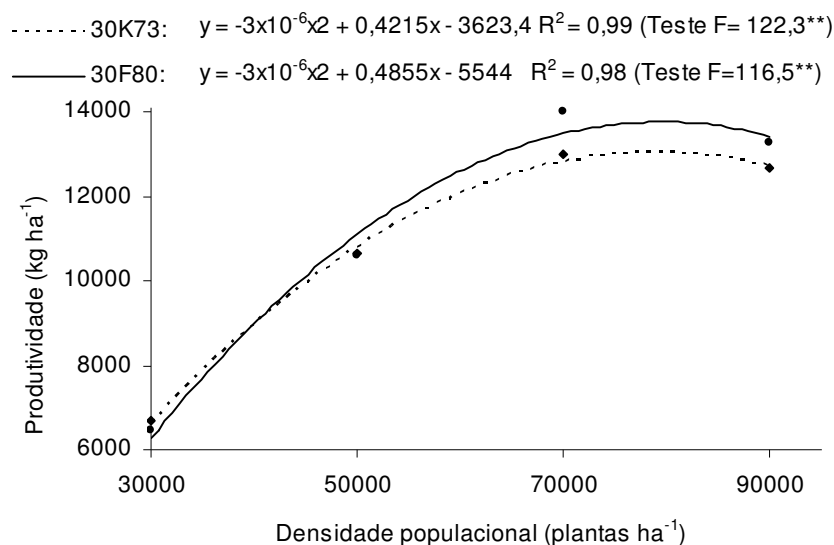
N.S. = não significativo; \* e \*\* = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

#### 4.1.8. Produtividade de grãos

A produtividade dos grãos foi influenciada positivamente com a redução no espaçamento entre as linhas (Tabela 5). Segundo ARGENTA et al. (2001), o incremento do rendimento dos grãos com a redução do espaçamento entre as linhas é atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição entre as plantas na linha por luz, água e nutrientes, devido a sua distribuição mais eqüidistante das plantas.

Este componente apresentou ser dependente também da interação entre densidades populacionais e híbridos, respondendo os genótipos de forma quadrática ao aumento da população de plantas, incrementando a sua produtividade de grãos até populações entre 75 a 80 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , com posterior diminuição da produtividade de grãos (Figura 5).



**Figura 5.** Produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em função de diferentes densidades populacionais e híbridos. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

Pela equação de resposta à densidade populacional do híbrido 30K73, determinou-se que a população de máxima eficiência técnica foi de aproximadamente 75 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ , correspondendo à produtividade de 13 t  $\text{ha}^{-1}$ ; para o híbrido 30F80,

a produtividade máxima foi de 14 t ha<sup>-1</sup> e a população máxima aproximada de 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Verificou-se que o provávelmente, a melhor adaptação e maior potencial produtivo do híbrido 30F80 contribuíram para a sua maior resposta de produtividade, no aumento da densidade populacional. Estes dados estão de acordo com estudos recentes que têm mostrado respostas positivas ao aumento da produtividade do milho pelo aumento da população de plantas, com produtividades atingindo um ponto máximo entre as 70 mil e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup>, e declinando em populações mais altas (REZENDE et al., 2003; FLESCH & VIEIRA, 2004; MARTINS & COSTA, 2003; GROSS et al., 2006; DOURADO NETO et al., 2003; ALVAREZ et al. 2006; PENARIOL et al., 2003).

DURÃES et al. (1995), estudando as relações entre fonte e dreno de assimilados e grão-dreno, bem como o comportamento de fatores morfofisiológicos que limitam a produtividade de grãos em plantas de milho de diferentes ciclos (normal, precoce e superprecoce), cultivadas em semeadura tardia e irrigada, com três densidades (33, 55 e 77 mil plantas ha<sup>-1</sup>), verificaram que o rendimento dos grãos varia entre os híbridos, sendo em todos significativamente superiores nas maiores densidades de cultivo.

Apesar do híbrido 30K73 apresentar menor n.º de grãos na 1ª espiga (Figuras 3), massa de grãos na 1ª espiga (Figura 4), e massa de 1000 grãos (Tabela 5), verificou-se que a diferenças entre os híbridos, quanto à produtividade, não foi tão acentuada. Isto pode ser explicado pela maior prolificidade apresentada pelo híbrido 30K73, principalmente nas menores populações. Assim sendo, a produtividade final de grãos foi compensada por esse acréscimo de espigas por planta, amenizando a diferença final de produtividade entre os híbridos.

Fatores ambientais, que limitam adaptação de híbridos de milho, interferem de forma significativa na produtividade de grãos. Esse rendimento tende a ser limitado por processos que influenciam a oferta de fotoassimilados no período de enchimento dos grãos e/ou processos que controlam o desenvolvimento do grão como dreno. De acordo com PEIXOTO et al. (1997) e SANGOI et al. (2000), quanto mais favoráveis forem as condições edafoclimáticas de uma região, maior será a população necessária para maximizar o rendimento dos grãos. Por isso é importante considerar que no ano

agrícola de desenvolvimento do experimento em campo, o regime de chuvas e temperaturas ao longo de todo o ciclo de crescimento da cultura, não permitiu a ocorrência de períodos significativos de estiagem que pudessem comprometer o crescimento e desenvolvimento das plantas. Tal fato, associado à alta fertilidade do solo e aos tratos culturais para a proteção do potencial produtivo das plantas, proporcionaram a obtenção de alta produtividade de grãos, em ambos os híbridos.

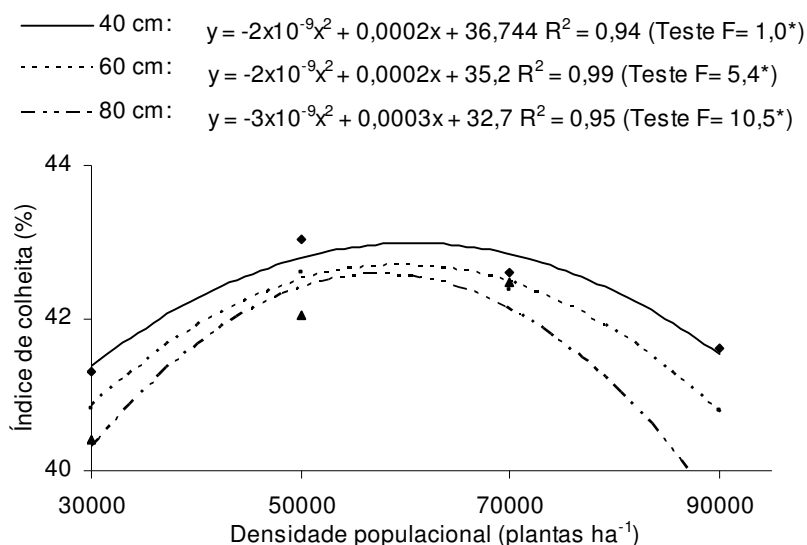
#### **4.1.9. Índice de Colheita**

O índice de colheita (I.C.), que representa a razão entre o rendimento biológico e o rendimento de grãos, é indicativo de eficiência com que a planta converte produção total de fitomassa acima do solo em produção total de parte colhida e comercializada da cultura (MARTINS & COSTA, 2003). Os valores de índice de colheita apresentados na Tabela 5, estão abaixo do considerado ideal (50 a 60%), variando entre 40 e 44%. Os baixos índices de colheita apresentados podem ter ocorrido devido à elevada precipitação pluviométrica e reduzida intensidade da luminosidade no período inicial do experimento, que contribuíram para o grande crescimento das plantas (altura de plantas entre 2,3 e 2,4 m) (Tabela 3) e a possíveis perdas da parte aérea da planta, na colheita.

Segundo DURÃES et al. (1995), embora o I.C. seja um índice de construção prático, sua utilização para comparar o desempenho agrônomo de genótipos de milho não favorece a identificação de respostas fisiológicas limitantes na produtividade.

De acordo com SANGOI et al. (2002) as variações observadas no I.C. das cultivares de milho estão diretamente associadas à capacidade de cada genótipo de translocar fotoassimilados para os grãos. Exigências calóricas contrastantes para o florescimento podem levar a diferenças na taxa e período de alocação de matéria seca nos grãos durante o seu enchimento. Tais contrastes podem estar vinculados a diferenças na atividade fotossintética das folhas, na longevidade foliar, na capacidade de remobilização de reservas do colmo para os grãos, na demanda competitiva exercida por outras estruturas da planta na fase reprodutiva da cultura, e na eficiência de dreno da espiga (TOLLENAAR et al., 1994; FANCELLI, 2000).

Em relação à interação densidade populacional e espaçamento entre as linhas, verificou-se que, os índices de colheita mais elevados foram obtidos no espaçamento de 40 cm, embora sem diferença significativa, obtendo-se uma maximização com populações de 60 mil plantas  $ha^{-1}$  para os espaçamentos entre as linhas de 40 e 60 cm e de 58 mil plantas  $ha^{-1}$  para 80 cm (Figura 6).



**Figura 6.** Índice de colheita (%), em função de diferentes densidades populacionais e espaçamentos entre as linhas. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

A partir da densidade populacional de 70 mil plantas  $ha^{-1}$ , aumenta a diferença entre índices de colheita nos espaçamentos de 40, 60 e 80 cm entre as linhas, evidenciando-se maior índice de colheita para os menores espaçamentos. Isto está relacionado com a baixa produtividade de grãos obtida nas altas densidades populacionais e também à distribuição mais equidistante das plantas no campo, proporcionados pelos menores espaçamentos entre as linhas.

#### 4.2. Composição glicídica dos grãos

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 6), a diminuição do espaçamento entre as linhas, os híbridos e o aumento da densidade populacional, não influenciaram significativamente os teores de sacarose, açúcares redutores e amido presentes no grão, no estágio de maturidade fisiológica.

**Tabela 6.** Teores médios de sacarose, açúcares redutores e amido dos híbridos de milho 30K73 e 30F80, submetidos a diferentes espaçamentos entre as linhas e densidades populacionais. Safra 2006/2007. Jaboticabal-SP.

Tratamentos	Sacarose (g/kg de MS)	Açúcares redutores (g/kg de MS)	Amido (g/kg de MS)
<b>Espaçamento - (E)</b>			
40 cm	0,0279	0,0613	0,721
60 cm	0,0260	0,0627	0,734
80 cm	0,0261	0,0635	0,739
Teste F	0,34 <sup>NS</sup>	6,83 <sup>NS</sup>	0,15 <sup>NS</sup>
<b>Híbridos - (H)</b>			
30K73	0,0280	0,0611	0,729
30F80	0,0254	63,9	0,734
Teste F	3,62 <sup>NS</sup>	1,92 <sup>NS</sup>	0,04 <sup>NS</sup>
<b>Densidade populacional - (D)</b>			
30.000 plantas ha <sup>-1</sup>	0,0288	0,0614	0,728
50.000 plantas ha <sup>-1</sup>	0,0277	0,0632	0,729
70.000 plantas ha <sup>-1</sup>	0,0240	0,0619	0,741
90.000 plantas ha <sup>-1</sup>	0,0263	0,0633	0,728
Teste F	2,69 <sup>NS</sup>	1,11 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExH)	1,38 <sup>NS</sup>	1,12 <sup>NS</sup>	0,07 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExD)	1,15 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	1,60 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação HxD)	3,96 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	1,37 <sup>NS</sup>
Teste F (Interação ExHxD)	1,51 <sup>NS</sup>	0,79 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>
C.V. (%) espaçamento	24,08	3,32	16,81
C.V. (%) híbridos	21,99	5,88	14,09
C.V. (%) densidade populacional	19,85	6,25	13,64

N.S. = não significativo; \* e \*\* = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.  
MS= Matéria Seca

Estes resultados são explicados pelo fato do milho ser uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existente na natureza. Ou seja, de uma única semente, a planta produzirá, em média, cerca de 500 sementes (Tabela 4), similares àquela que a originou, com o único objetivo de propagação da espécie. Assim sendo, a principal função da planta é garantir que todas as sementes produzidas sejam viáveis, apresentando uma estrutura anatômica e composição química dos grãos adequada.

De acordo com PAES (2006) e KWIATKOWSKI & CLEMENTE (2007), a composição química dos grãos, analisados na fase de maturidade fisiológica, encontra-se dentro da esperada, com aproximadamente 2,5% a 3 % de sacarose, 6 a 6,3% de açúcares redutores e 75% a 80% de amido.

As plantas que sofreram maior estresse de sombreamento, provocado pelo aumento da densidade populacional e diminuição dos espaçamentos entre as linhas, conseguiram compensar a deficiência de produção de fotoassimilados nas folhas, através da remobilização desses constituintes de outros órgãos para os grãos.

Deste modo, pode-se dizer que as plantas de milho reagem a estresses severos, com o abortamento dos grãos da ponta do sabugo, garantindo, porém, a qualidade da composição química dos grãos não abortados.

## 5. CONCLUSÕES

- A produtividade de milho aumenta com a redução do espaçamento entre as linhas de 80 para 40 cm.
- O híbrido 30F80 apresenta melhores produtividades com o incremento na densidade populacional.
- O melhor arranjo espacial de plantas, para os híbridos 30K73 e 30F80, nas condições experimentais, é de 40 cm de espaçamento entre as linhas e de 75 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> de densidade populacional, respectivamente.
- As diferentes combinações de arranjos espaciais de plantas de milho influenciam a produtividade final de grãos, mas não a composição química dos mesmos em relação à sacarose, açúcares redutores e amido.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, jan. 2000a.

ALMEIDA, M.L; MEROTTO Jr., A.; SANGOI, L. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.23-29, 2000b.

ALMEIDA, M. L.; SANGOI, L. Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 179-183, 1996.

ALVAREZ, C.G.D; PINHO, R.G; BORGES, I.D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.402-408, 2006.

AMARAL FILHO, J.P.R. do; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.3, p.467-473, 2005.

AMARAL FILHO, J.P.R. **Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. Jaboticabal: Unesp/FCAV, 2002. 70 p. (Dissertação)

ARGENTA, G.S. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.1, p.71-78, 2001.

BALBINOT, A.A; FLECK, N.G. Benefício e limitações da redução do espaçamento entre linhas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.5, n.83, p.37-41, 2005.

BELOW, F.E.; CHRISTENSEN, L.E.; REED, A.J.; HAGEMAN, R.H. Availability of reduced N and carbohydrates for ear development of maize. **Plant Physiology**, Bethesda, v.68, n.5, p.1186-1190, 1981.

BERNARDON, T. **Componentes de produtividade de grãos de milho (zea mays L.), visando obter parâmetros para agricultura de precisão**. Santa Maria: UFSM/Centro de Ciências Rurais, 2005. 95p. (Dissertação)

BROWN, C.S.; HUBBER, S.C. Reserve mobilization and starch formation in soybean (*Glycine max*) cotyledon in relation to seedling growth. **Physiologia Plantarum**, Boston, v.72, n.3, p.518-524, 1988.

BRUNS, H.A.; ABBAS, H.K. Ultra-high plant populations and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi valley. **Agronomy Journal**, Madison, v.97, n.4, p.1136-1140, 2005.

CAZETTA, J.O.; SEEBAUER, J.R.C.; BELOW, F.E. Sucrose and nitrogen supplies regulate growth of maize kernels growing in vitro. **Annals of Botany**, London, v.84, p.747-754, 1999.

CONAB. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. Safra 2007/2008. [http://www.conab.gov.br/conabewb/download/safra/estado\\_safra.pdf](http://www.conab.gov.br/conabewb/download/safra/estado_safra.pdf). (04 de Novembro 2007).

DOEHLERT, D.C.; KUO, T.M.; FELKER, F.C. Enzymes of sucrose and hexose metabolism in developing kernels of two inbreds of maize. **Plant Physiology**, Rockville, v.86, n.2, p.1013-1019, 1988.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

DUNCAN, W.G. Maize. In EVANS, L.T., ed. **Crop physiology**: some case histories. London, Cambridge University Press, 1975. cap.2, p.23-50.

DURÂES, F.O.M.; MAGALHÃES, O.C.; COSTA, J.D.; FANCELLI, A.L. Fatores ecofisiológicos que afetam o comportamento do milho em semeadura tardia (safrinha) no Brasil central. **Sicência Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.491-501, 1995.

FALEIROS, R.R.S.; SEEBAUER, J.R.; BELOW, F.E. Nutritionally induced changes in endosperm of shrunken-1 and brittle-2 maize kernels grown in vitro. **Crop Science**, Madison, v.36, n.4, p.947-954, 1996.

FANCELLI, A. L. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I.; FANCELLI, A. L. (Ed.). **Milho: estratégias de manejo para a região Sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. p.103-116.

FARNHAM, D.E.; MYLI, J.; HADEN, D. Row width and effects on corn yield in Iowa. **<http://www.reimangardens.org/farms/2000reports/NW/RowWidththanHybridEff-My.pdf>**. 2002a(12 Novembro 2007).

FARNHAM, D.E.; MYLI, J.; HADEN, D. Row width effects on corn yield at varying plant densities. **<http://www.reimangardens.org/farms/2000reports/mcnay/RowWidthEffectsonCorn.pdf>**. 2002b(12 Novembro 2007).

FIEUW, S.; WILLENBRINK, J. Sucrose synthase and sucrose phosphate synthase in sugar beet plants (*Beta vulgaris* L. ssp. *Altissima*). **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart-Hohenheim, v.131, n.2, p.153-162, 1987.

FLESH, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamento e densidade de milho com diferentes ciclos no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, 2004.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576p.

FRANÇA, G.E.; RESENDE, M.; ALVES, V.M.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P. Comportamento de cultivares de milho sob irrigação com diferentes densidades de plantio e doses de nitrogênio. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 18., Vitória, ES, 1990. **Resumos**. Vitória, ES, EMCAPA, 1990. p.106.

GARCIA, L.C.; MATTOSO, M.J.; DUARTE, J.O. Importância do milho em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p7-12, 2006.

GENT, M.P.N. Photosynthate reserves during grain filling in winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v.86, n.1, p.159-167, 1994.

GROSS, M.R.; PINHO, R.G.; BRITO, A.H.; Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.387-393, 2006.

HANDEL, E.V. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**, New York, v.22, n.2, p.280-283, 1968.

HENDRIX, D.L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Madison v.33, n. 6, p.1306-1311, 1993.

KWAITKOWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características de milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Paraná, v.1, n.2, p.93-103, 2007.

LOOMIS, R.J.; AMTHOR, J.S. Yield potential, plant assimilatory capacity and metabolic efficiencies. **Crop Science**, Madison, v.39, n.6, p.184-1596, 1999.

LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Efeito da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica do solo na duração de subperíodos e na produtividade de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.37-43, 1999.

MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; SILVA, W.J.; TEIXEIRA, J.P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matemáticas ajustadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.6, p.825-833, 1982.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Circular Técnica 76. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2006. 10p.

MAGALHÃES, P.C.; PAIVA, E. Fisiologia da produção de milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. Brasília: Embrapa, SPI, 1993. p.85-92.

MARTINS, P.E.; COSTA, A.J.A. Comportamento de um milho híbrido hiperprecoce em dois espaçamentos e diferentes populações de plantas. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.12., n.1, p.77-88, 2003.

MATTOSO, M.J.; GARCIA, L.C.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C. Aspectos de produção e mercado do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p95-104, 2006.

MILLER, E.M.; CHOUREY, P.S. The maize invertase-deficient miniature-1 seed mutation is associated with aberrant pedicel and endosperm development. **The Plant Cell**, Rockville, v.4, n.3, p.297-305, 1992.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Biochemistry**, Washington, v.31, n.2, p.426-428, 1959.

MIRANDA, G.V.; COIMBRA, R.R.; GODOY, C.L.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; MELO, A.V.D. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.681-688, 2003.

MOLIN, R. **Espaçamento entre linhas de semeadura na cultura de milho**. Ponta Grossa: Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária, 2000. p.1-2.

MUNDSTOCK, C. M. **Densidade de semeadura no milho para o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1977. 35p.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. da. **Manejo da cultura do milho**. Porto Alegre: UFRGS, 1989. 76 p.

NOVAIS, R.F. **Comportamento de dois híbridos duplos (Zea mays L.) AG206 e H6000 em três populações de plantas e três níveis de nitrogênio**. Viçosa: UFV, 1970. 64p. (Dissertação)

OHIO STATE UNIVERSITY. Corn production. (Bulletin, 472). <http://www.ohiolone.osu.edu/b472/front.html>. 2003 (08 de Abril, 2007).

PAES, J.M.V.; ZITO, R.K. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.54-64, 2006.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Circular Técnica 75. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2006. 6p.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003. 90p. (Dissertação).

PEIXOTO, C.M.; SILVA, P.R.F.; REZER, F.; CARMONA, R.C. Produtividade de híbridos de milho em função da densidade de plantas, em dois níveis de manejo da água e da adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.3, n.1, p.63-71, 1997.

PENARIOL, F.G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.2, p.52-60, 2003.

PEREIRA FILHO, I.A.P.; OLIVEIRA, A.C.; CRUZ, J.C. Milho verde: espaçamentos, densidades de plantas, cultivares e épocas de semeadura, influenciando o rendimento e algumas características de espigas comerciais (compact disc) in: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 22., Recife, PE, 1998. **Anais**. Recife: Embrapa, 1998.

PEREIRA, R.C. **Relação entre características estruturais e bioquímicas e a textura do grão de milho**. Lavras: UFLA, 2006. 62p. (Tese)

PEREIRA, R.S.B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético de milho (*Zea mays*, L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.5, p.745-751, 1991.

POLLMER, W.G.; EBERHARD, D.; KLEIN, D.; DHILLON, B.S. Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. **Crop Science**, Madison, v.19, n.1, p.82-86, 1979.

PORTER, P.M.; HICKS, D.R.; LUISCHEN, W.E.; FOND, J.H.; WARNES, D.D.; HOVERSTAD, T.R. Corn response to row width and plant population in the northern corn belt. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.10, n.2, p.293-300, 1997.

POZAR, G. **Interação da arquitetura da planta e espaçamento na produtividade do Milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1981.43p. (Dissertação)

QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P.; MANTOVANI, E.C. **Agricultura de precisão na produção de grãos**. In: BORÉM, A.; GIUDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L.(ed.) Agricultura de Precisão. Viçosa: UFV. 2000. p.1-42.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. **Recomendações de adubação e calagem de milho para grãos e silagem para o estado de São Paulo**. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. 2<sup>o</sup> ed. revisada e atualizada. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC (Boletim Técnico, 100), 1997. p.56-59.

RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source:sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.60, n.3 , p.245-253, 1999.

REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; MARTOVANI, E.C.; FRIZZONE, J.A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.266, n.4, p.503-511, 2004.

REZENDE, S.G. DE; PINHO, R.G.V.; VASCONCELOS, R.D. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.34-42, 2003.



RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology. 1986. 21p. (Special Reporter, 48).

RODRIGUES, M.S.P. **Varietal differences in maize in the uptake of nitrogen and its translocation to the grain**. Cornell: Cornell University, 1977. 167p. (Tese).

ROE, J.H. A colorimetric method for the determination of fructose in blood and urine. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.107, n.11, p.15, 1934.

ROITSCH, T.; BITTNER, M.; GODT, D.E. Induction of apoplástica invertase of *Chenopodium rubrum* by D-glucose and glucose analog and tissue expression suggest a role in sink-source regulation. **Plant Physiology**, Rockville, v.108, n.1, p.285-294, 1995.

RUFTY, T.W.; KEEP, P.S.; HUBER, S.C. Characterization of diurnal changes in activities of enzymes involved in sucrose biosynthesis. **Plant Physiology**, Rockville, v.73, n.2, p.428-433, 1983.

RUGET, F. Contribution of storage reserves during grain filling of maize in northern European conditions. **Maydica**, Bergamo, v. 38, n.1, p.51-59, 1993.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 2<sup>o</sup> ed. Belmont: Wadsworth, 1994, 682p.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; BOGO, A.; KOTHE, D.M. Incidência e severidade de doenças de quarto híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n. , 17-21, 2000.

SANGOI, L; GRACIETTI, M.A.; BIANCHET, P. Híbridos contemporâneos são mais exigentes em população de plantas para maximizarem o rendimento de grãos (compact

disc) In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24., Florianópolis, SC, 2002. **Anais**. Florianópolis: ABMS, 2002.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, L.; SALVADOR, R. J. Influence of plant height and leaf number on maize production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 3, p. 297-306, 1998.

SCHAFFER, A.A. Invertase and sucrose synthase activity, carbohydrate status and endogenous IAA levels during citrus leaf development. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.69, n.1 p.151-155, 1987.

SERGIO, G.R., RENZO, G.V.P.; ANDRE, H.B. Alternativas para o arranjo de plantas na cultura do milho (compact disc) In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24., Florianópolis, SC, 2002. **Anais**. Florianópolis: ABMS, 2002.

SETTER, TL.; FLANNIGAN, B.A. Sugar and starch redistribution in maize response to shade and ear temperature treatment. **Crop Science**, Madison, v.26, n.3, p.575-579, 1986.

SILVA, P.R.F; ARGENTA, G.; REZERA, F. Respostas de híbridos de milho à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.234, n.4, p.585-595, 1999.

SILVA, P.R.F; SANGOI, L.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006. 63p.

SINGLETERY, G.W.; BELOW, F.E. Growth and composition of maize kernels cultured *in vitro* with varying supplies of carbon and nitrogen. **Plant Physiology**, Rockville, v.89, n.1, p.341-346, 1989.

SINGLETERY, G.W.; BELOW, F.E. Nitrogen induced changes in growth and metabolism of developing maize kernels grown *in vitro*. **Plant Physiology**, Rockville, v.92, n.1, p.160-167, 1990.

TA, T.L.; SOESKE, C.A.; EACLESHAN, A.R.J. Changes in maize-stalk proteins during ear development. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.87, p.21-24, 1993.

TOLLENAAR, M.; McCULLOUGH, D. E.; DWYER, L. M. Physiological basis of the genetic improvement of corn. In: SLAFER, G. A. (Ed.). **Genetic improvement of field crops**. New York: M. Dekker, 1994. p. 183-236.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n. 2, p.219-23, 1977.

TOLLENAAR, M. Sink-source relationship during reproductive development in maize: a review. **Maydica**, Bergamo, v.22, n.2, p.49-75, 1977.

TSAI, C.Y.; HUBER, D.M.; WARREM, H.L. Interactions between the kernel sink, grain yield and protein nutritional quality of maize. **Journal Science Food Agricultural**, London, v.34, n.2, p.255-263, 1983.

TUBBE, A.; BUCKHOUT, T.J. *In vitro* analysis of the H<sup>+</sup>-hexose symporter on the plasma membrane of sugarbeets (*Beta vulgaris* L.) **Plant Physiology**, Rockville, v.99, n.3, p.945-951, 1992.

USDA. United States Department of Agriculture. Safra 2007/2008. [http://www.usda.gov/wps/portal/!ut/p/\\_s.7\\_0\\_A/7\\_0\\_1OB?navtype=SU&navid=AGRICULTURE](http://www.usda.gov/wps/portal/!ut/p/_s.7_0_A/7_0_1OB?navtype=SU&navid=AGRICULTURE) (10 de Dezembro 2007).

VAZQUEZ, G.H.; SILVA, M.R.R. Influência de espaçamentos entre linhas de semeadura em híbridos simples de milho (compact disc) In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24., Florianópolis, SC, 2002. **Anais**. Florianópolis: ABMS, 2002.

YLSTRA, B.; GARRIDO, D.; BUSSCHER, J.; TUNEN, A.J. van. A complete sequence of the rice sucrose synthase-1 (RSS1) gene. **Plant Molecular Biology**, Netherlands, v.29, n.5, p.881-885, 1998.

ZINSELMEIER, C.; WESTGATE, M.E.; SCHUSSLER, J.R.; JONES, R.J. Low water potential disrupts carbohydrate metabolism in maize (*Zea mays* L.) ovaries. **Plant Physiology**, Rockville, v.107, n.2, p.385-391, 1995.