

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Avaliação do potencial produtivo do milho híbrido AGN-30A06 em espaçamentos e populações diferenciadas

Volmar De Cesaro

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2009**

Volmar De Cesaro
Licenciado em Técnico em Agropecuária

**Avaliação do potencial produtivo milho híbrido AGN-30A06 em espaçamentos e populações
diferenciadas**

Orientador:
Prof. Dr. **DURVAL DOURADO NETO**

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

De Cesaro, Volmar

Avaliação de potencial produtivo do milho híbrido AGN-30A06 em espaçamentos e populações diferentes / Volmar De Cesaro. - - Piracicaba, 2009.
56 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2009.
Bibliografia.

1. Distribuição espacial 2. Espaçamento 3. Hibridação vegetal 4. Milho - Produtividade
5. Populações vegetais I. Título

CDD

633.15

D292a

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Às meus pais Lúcio e Maria (in memoriam).

Dedico

Ofereço este trabalho à minha esposa Inês e a meus filhos, Matheus, Marcelo, Mahiara e Marccos, que me deram suporte e acompanharam com tamanha ênfase durante minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, que por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia e do apoio da Escola Agrotécnica Federal de Sertão (EAFS), proporcionou-me um excelente curso em nível de Mestrado.

Agradeço à Empresa Agromem, por intermédio do representante comercial Francisco Gandolfi, pelo apoio no experimento de campo.

Agradeço aos Professores Paulo Augusto Manfron (UFSM), Pedro Jacob Christoffoleti (USP), Durval Dourado Neto (USP), João Alexio Scarpore Filho (USP), Ricardo Kluge (USP), José Laércio Favarin (USP) e Paulo César de Tavares Melo (USP), que por intermédio das disciplinas oferecidas e sugestões valiosas, proveram-me de formação e de conhecimento substancial.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	12
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Importância econômica da cultura de milho	17
2.2 Produtividade da cultura de milho	17
2.3 População de plantas de milho.....	18
2.4 Arquitetura da parte aérea de plantas de milho.....	19
2.5 Área foliar	20
2.6 Radiação solar	21
2.7 Nitrogênio	23
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Local do experimento	24
3.2 Implantação do experimento.....	24
3.3 Descrição dos tratamentos	25
3.4 Semeadura e adubação	27
3.5 Avaliações fitotécnicas	27
3.5.1 Tratos culturais.....	27
3.5.2 Produtividade de grãos.....	28
3.5.3 Análise bromatológica	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Bromatologia.....	30
4.2 Perdas de planta por acamamento ou quebra.....	31
4.3 Produtividade de grãos.....	32
4.4 Limitações práticas para redução do espaçamento entre fileiras	43
4.5 Perspectivas futuras sobre a técnica.....	44
4.6 Considerações finais	44

	7
5 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47
ANEXOS	53

RESUMO

Avaliação do potencial produtivo do milho híbrido AGN-30A06 em espaçamentos e populações diferenciadas

Com o objetivo de avaliar o potencial produtivo do milho híbrido AGN-30A06 em espaçamentos e populações diferenciadas, além de analisar o índice bromatológico do grão produzido visando verificar o efeito do manejo do nitrogênio empregado, foi conduzido um experimento de campo na área da Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, em Concórdia, SC, utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com duas repetições. Foram utilizados os espaçamentos entre linhas de 0,45 m, 0,60 m e 0,80m com as populações de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare. As maiores produtividades de grãos foram obtidas com o espaçamento de 0,45m. Dentre as três densidades populacionais, aquela que proporcionou um melhor resultado foi com 80.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45m. Isso permite concluir que é possível aumentar a produtividade de grãos com o incremento de densidade de plantas sob o espaçamento reduzido. Quanto à bromatologia, pode-se concluir que: (i) quanto maior for a adubação, maior será o teor de óleo, menor será o teor de proteína, melhor será a qualidade dos grãos e menor será a incidência de doenças; e (ii) quanto menor for a adubação, maior será o teor de proteína, menor será o teor de óleo; e maior será a quantidade de grãos avariados.

Palavras-chave: Distribuição espacial; Produtividade; *Zea mays*

ABSTRACT

Evaluation of mayze potential productivity (hybrid AGN-30A06) using different row spacing and plant population density

With the purpose of evaluating the mayze potential yield (hybrid AGN-30A06) using different row spacing and plant population, in addition to analyzing the grain bromatological index and verifying the nitrogen management effect, a field experiment was carried out at 'Escola Agrotécnica Federal de Concórdia', in Concórdia, State of Santa Catarina, Brazil, using the randomized block design (split-plot) with two replications. The following spacing between plant rows were used: 0.45 m, 0.60 m and 0.80 m with populations of 60,000, 70,000 and 80,000 plants per hectare. The higher values of grain productivities were obtained with the spacing between plant rows of 0.45 m. Among the three plant densities, 80,000 plants per hectare with spacing between plant rows of 0.45 m provided a better result. This indicates that it is possible to increase grain yield increasing plant density under reduced spacing between plant rows. Related to the bromatology, it was verified that: (i) high level of fertilization results higher oil content, lower protein content, better quality of grain and lower incidence of diseases and (ii) low level of fertilization results higher protein content, lower oil content and greater amount of damaged grains.

Keywords: Spatial distribution; Yield; *Zea mays*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Descrição esquemática do experimento	25
Figura 2	Detalhe da cultura de milho aos 60 dias após a semeadura nas (A) parcelas adubadas com N, P e K (plantas no pendoamento) e nas (B) parcelas não adubadas (testemunha)	28
Figura 3	Classificação dos grãos do milho (A: materiais estranhos, impurezas e fragmentos; B: grãos ardidos e/ou brotados; C: grãos com avarias diversas; e D: total de grãos avariados)	31
Figura 4	Análise química (PB: proteína bruta; e EE: extrato etéreo)	31
Figura 5	Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,45 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha ⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha ⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)	35
Figura 6	Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,60 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare, e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha ⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha ⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)	36
Figura 7	Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,80 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare, e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha ⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha ⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)	37
Figura 8	Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,45 m, 0,60 m e 0,80 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare, e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha ⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha ⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)	38

Figura 9	Aumento da capacidade competitiva de plantas de milho devido à redução do espaçamento entre linhas de plantas de milho (A: 40 cm; B: 80 cm) (NUNES NETO, 2005)	42
Figura 10	Aumento da capacidade competitiva por luz de plantas de milho devido ao melhor arranjo espacial de plantas de milho (A: 40 cm; B: 80 cm) (NUNES NETO, 2005)	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Análise química do solo em dois locais da área experimental. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia. Concórdia, SC. 2006	24
Tabela 2	Descrição dos tratamentos (EEL: espaçamento entre linhas de plantas, m; PP: população de plantas por ha; DS: distribuição de sementes, sementes.m ⁻¹ ; EP: espaçamento entre plantas, cm) e manejos de adubação (AFs: adubação do fertilizante 9:33:12 na semeadura, g por 5 m; ANs: adubação com nitrato de amônio na semeadura, g por 5 m; ANc: adubação com nitrato de amônio em cobertura, g por 5 m; AT: adubação com fertilizante 9:33:12, kg.ha ⁻¹ ; e NAT: nitrato de amônio, kg.ha ⁻¹) realizados a campo, para as 27 tratamentos nos espaçamentos de 0,45 m; 0,60 m; 0,80 m	26
Tabela 3	Análise bromatológica de grãos de milho. Laboratório Multimix. Campinas, SP. 11 de abril de 2007 (Amostras A7-04870 - T ₀ - média dos tratamentos sem adubação; Somente Nitrato de Amônia 400 kg.ha ⁻¹ Amostras A7-04868 - T ₄₀₀ - média dos tratamentos com adubação de 400 kg.ha ⁻¹ dos fertilizantes 9:33:12 e nitrato de amônio; Amostras A7-04869 - T ₅₀₀ - média dos tratamentos com adubação de 500 kg.ha ⁻¹ dos fertilizantes 9:33:12 e nitrato de amônio)	30
Tabela 4	Produtividade média (Pm, kg.ha ⁻¹) de grãos, com 13% de umidade, referente aos diferentes tratamentos (EEL: espaçamento entre linhas de plantas, m; PP: população de plantas, plantas.ha ⁻¹ ; DS: distribuição de sementes, sementes.m ⁻¹) e manejos de adubação (AT: adubação com fertilizante 9:33:12, kg.ha ⁻¹ e NAT: nitrato de amônio, kg.ha ⁻¹) realizados a campo, para as 27 parcelas nos espaçamentos de 0,45 m; 0,60 m; 0,80 m	34

Tabela 5	Análise química do solo em dois locais da área experimental. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia. Concórdia, SC. 2006	54
Tabela 6	Produtividade (P, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de grãos, com 13% de umidade, referente aos diferentes tratamentos (EEL: espaçamento entre linhas de plantas, m; PP: população de plantas, $\text{plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$; DS: distribuição de sementes, $\text{sementes}\cdot\text{m}^{-1}$) e manejos de adubação (AT: adubação com o fertilizante 9:33:12 em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e NAT: nitrato de amônio em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) realizados a campo, para as 27 parcelas nos espaçamentos de 0,45 m; 0,60 m; 0,80 m	55
Tabela 7	Análise de variância referente à produtividade de grãos de milho	56

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um cereal da família Poácea com altas qualidades nutritivas. É extensivamente utilizado como alimento humano ou ração animal, sendo largamente cultivado em diversas regiões do mundo. Os Estados Unidos respondem por quase 50% da produção mundial. Embora o Brasil seja o terceiro maior produtor mundial de milho, não se destaca da mesma forma quanto à produtividade. A produção mundial foi de 600 milhões de toneladas em 2004. O Brasil produziu mais de 27 milhões de toneladas ficando o Estado de Santa Catarina com uma produção em torno de 3 milhões de toneladas (IBGE, 2005). Dentre a produção nacional de cereais e oleaginosas, a cultura do milho tem efeito direto sobre o volume da colheita de grãos, pois representa mais de 30% do total de grãos colhidos.

Com o crescente aumento do consumo mundial de milho, tanto para consumos humano e animal e atualmente para atender a demanda energética, existe uma pressão cada vez maior para aumento da produção desse cereal no mundo. A busca por aumento de produtividade tende a ser cada dia maior no mundo devido à redução da possibilidade de abertura de novas fronteiras agrícolas. Trata-se da possibilidade de aumento de produtividade com o uso da redução do espaçamento entre linhas.

O melhoramento do milho no mundo, ao longo dos anos, tem trilhado um caminho de sucesso, os patamares de produtividade tem sido superados continuamente a cada década. No Brasil, o caminho tem sido o mesmo, numa trajetória ascendente. Embora a produtividade média da cultura do milho no Brasil é relativamente baixa, enquanto a produtividade média de milho nos EUA é superior a $8.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ no Brasil a média foi de $3.160 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, e no Estado de Santa Catarina $3.689 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (IBGE, 2005).

Dentre as principais causas, da baixa produtividade estão relacionados: a escolha inadequada das variedades cultivadas apropriado a cada condição de manejo e região (EMBRAPA, 1982), a degradação dos solos devido às formas inadequadas e intensivas de cultivo, as pragas de solo e plantas, clima, altitude e época de semeadura para cada região, plantas invasoras que competem com a cultura do milho, e o baixo índice de plantas por unidade de área. A semente é um insumo de grande importância dentro do sistema de produção e a utilização de cultivares apropriado a cada condição é essencial para se obter maiores produtividades.

A redução do espaçamento entre fileiras e o conseqüente aumento da distância entre plantas na linha, dentro de um mesmo número de plantas por unidade de área, resulta em menor

competição intraespecífica por luz e/ou energia, aproximando-se assim do espaçamento eqüidistante, que teoricamente também ajudará produzir maior quantidade de grãos.

A cultura do milho vem sofrendo inúmeras transformações tanto tecnológicas como de melhoramento. Dentro destas estão incluídas, principalmente a melhoria das características agrônômicas e de práticas de manejo que no conjunto e combinadas adequadamente, tem propiciado crescimento do nível tecnológico, aumento da produtividade e da obtenção de excelentes resultados financeiros para os produtores que se utilizam desses recursos.

A interação de práticas de manejo como o aumento da população de plantas com a redução do espaçamento vem sendo estudada a vários anos pelas empresas de pesquisa, também por produtores pioneiros em várias regiões no Brasil e, desde que bem planejada é uma excelente oportunidade para que o produtor aumente sua rentabilidade.

Mantendo-se a densidade de plantas constante, a redução do espaçamento entre linhas tem várias vantagens potenciais. A primeira é a de que ela incrementa a distância entre as plantas na linha, propiciando um arranjo mais eqüidistante dos indivíduos na área de cultivo. Esse procedimento reduz a competição entre plantas por água, luz e nutrientes, otimizando a sua utilização (PORTER et al., 1997). O fechamento mais rápido dos espaços disponíveis pela cultura, advindo da presença de linhas mais próximas, reduz a transmissão da radiação através da comunidade. A menor incidência luminosa nos extratos inferiores do dossel limita o desenvolvimento de plantas daninhas (BALBINOT JÚNIOR; FLECK, 2005a,b). Dessa forma, a redução do espaçamento entre linhas atua como um método cultural de controle das invasoras.

O rápido sombreamento da superfície do solo obtido com espaçamentos reduzidos reduz a quantidade de água perdida por evaporação no início do ciclo do milho, o que, em associação à melhor exploração do solo pelo sistema radicular decorrente da distribuição mais eqüidistante das plantas, aumenta a eficiência de absorção e uso da água (SANGOI et al., 2004). Além disso, a cobertura antecipada da superfície do solo também pode auxiliar a protegê-lo, diminuindo o escoamento superficial e a erosão decorrente de precipitações pluviométricas intensas nas primeiras fases do desenvolvimento da lavoura (LAUER, 1994).

A redução do espaçamento entre linhas apresenta três vantagens potenciais no que se refere à mecanização agrícola: a primeira é a maior operacionalidade que espaçamentos de 45 a 50 cm proporcionam para produtores que trabalham com milho e soja, pois as semeadoras não necessitam ser substancialmente alteradas na mudança de cultivo para o outro: a segunda é a

melhor distribuição das plantas no sulco de semeadura, devido à menor velocidade de trabalho dos sistemas distribuidores de sementes; a terceira é a distribuição dos fertilizantes em maior quantidade de metros lineares por hectare, o que melhora o aproveitamento dos nutrientes e reduz a possibilidade de efeitos salinos fitotóxicos à semente (BALBINOT JÚNIOR; FLECK, 2005a,b).

É importante que se faça uma análise dos investimentos antes da decisão de combinar o aumento de população e redução de espaçamento, pois será necessário levar em conta a adaptação ou aquisição de uma plataforma de colheita devido à redução de espaçamento, além de ter um maior gasto na quantidade de sementes em função do aumento da população. Para o sucesso e interação da prática do aumento de população e redução de espaçamento, é importante o agricultor certificar-se em primeiro lugar se isso realmente é prioridade, bem como solicitar mais detalhes sobre os híbridos mais indicados para a região. Para tal é necessário optar por cultivares mais precoces, de menor porte e com folhas mais eretas que permitam o uso de densidades populacionais mais elevadas e menores espaçamento. Também deverá ser realizada uma análise da adubação da lavoura, pois o aumento da população é uma ótima oportunidade para elevar proporcionalmente o nível da adubação e obter maiores produtividades, bem como do índice bromatológico do grão produzido visando verificar o efeito do manejo do nitrogênio empregado.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial produtivo do milho híbrido AGN-30A06 em função do arranjo espacial (três espaçamentos entre linhas de plantas: 0,45m, 0,60 m e 0,80 m) e de populações diferenciadas de plantas (três populações: 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância econômica da cultura de milho

O milho (*Zea mays* L.) é o terceiro cereal em importância para o mundo, após o trigo e o arroz (FAGERIA et al., 1997). Algumas vantagens conferidas à cultura do milho justificam a sua ampla distribuição, e dentre estas vantagens podem-se destacar: alta produção por unidade de trabalho e unidade de área; fonte de nutrição de fácil transporte, em função da alta compactação dos grãos; menores perdas e danos de grãos causados por pássaros e chuvas, com a proteção conferida pela palha da espiga; a cultura ainda apresenta um período de colheita longo, e quando seco no campo pode aguardar um momento mais conveniente para a sua colheita e ainda com a possibilidade de estocagem (JONES, 1985).

Devido a sua grande diversidade de aplicações, tanto na alimentação animal quanto na alimentação humana, a cultura de milho apresenta relevante importância social e econômica. Além da geração de empregos no setor primário, o milho é matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais (HERNANI; SALTON, 1997).

2.2 Produtividade da cultura de milho

No Brasil a produtividade média da cultura de milho gira em torno de $2.700 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, valor muito aquém do desejado. Práticas corretas de manejo podem ser determinantes para a condução adequada da lavoura, assim sendo todas as informações sobre elementos bióticos (pragas, doenças e plantas daninhas), clima, planta, solo e a interação entre esses fatores podem auxiliar tanto o produtor quanto o pesquisador no desenvolvimento da cultura (DOURADO NETO, 1999; EMBRAPA, 2005a,b).

A produção média de grãos de milho por área aumentou drasticamente durante a segunda metade do último século (DUVICK; COSSMAN, 1999). Entre os vários fatores que contribuíram para esse aumento está a seleção de novos híbridos sob condições adensadas de semeadura. O aumento da tolerância de plantas de milho à intensa competição por luz, nutrientes e água, vem sendo obtido pela seleção de genótipos mais produtivos sob alta população de plantas e em ampla variedade de áreas (SANGOI; SALVADOR, 1998). Conseqüentemente, a mudança da tolerância ao estresse por densidade de plantas é mais um resultado indireto que direto da seleção (TOLLENAAR; WU, 1999).

2.3 População de plantas de milho

A densidade de plantas é considerada uma das mais importantes práticas culturais que determinam a produtividade de grãos pela cultura de milho. As características de perfilhamento pobre e ausência de ramificação fazem da planta de milho, a poácea mais sensível à variação da densidade de semeadura (SANGOI; SILVA, 2006).

A densidade ótima de semeadura para a cultura depende da interação entre o genótipo e o ambiente. O sistema de produção adotado engloba as condições ambientais para o desenvolvimento e crescimento da cultura (níveis de radiação e temperatura, de acordo com a época de semeadura; nutrientes; água e manejo fitossanitário). O genótipo, por sua vez, deve expressar suas características morfológicas e fisiológicas no ambiente para maximizar a produtividade de grãos. A arquitetura foliar é a característica morfológica que mais influencia a resposta do genótipo à densidade de plantas. A arquitetura foliar de uma planta de milho é representada pela interação do número de folhas, ângulo foliar, área foliar e distribuição ao longo do colmo. A importância da arquitetura foliar está relacionada com a maximização da interceptação da radiação solar pelo dossel, passo essencial para a maximização da produtividade (SANGOI et al., 2002).

O milho é uma poácea sensível a variações na densidade de plantas. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza a produtividade de grãos. A população ideal para maximizar a produtividade de grãos de milho varia de 30.000 a 90.000 plantas por hectare, dependendo da disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, ciclo da cultivar, época de semeadura e espaçamento entre linhas (VILARINHO, 2005; NUNES NETO; MOREIRA, 2005). Quando o número é superior a densidade ótima, ocorre uma série de conseqüências negativas para a formação da espiga que pode levar a esterilidade. Primeiramente a diferenciação da espiga é retardada em relação á diferenciação do pendão. Espigas diferenciadas tardiamente apresentam uma taxa reduzida de crescimento, transformando poucos primórdios de espiguetas em floretes funcionais durante a floração (SANGOI, 2001).

O adensamento de plantas pode significar o melhor aproveitamento de radiação solar, resultando em melhoria do índice de área foliar e conservação de umidade no solo para enfrentar riscos de estiagem. O espaçamento está reduzindo significativamente nos últimos anos, passando de 1,20 m para 0,80 m, conforme ambiente e a variedade cultivada (SANGOI; SILVA, 2006).

A densidade e o arranjo de plantas são fundamentais para aperfeiçoar a exploração do ambiente pelo milho. A necessidade de incrementar a eficiência de interceptação de uso de radiação solar, gerou grande esforço por parte dos programas de melhoramento para desenvolver genótipos mais bem adaptados e altas densidades populacionais (SANGOI; SILVA, 2006).

2.4 Arquitetura da parte aérea de plantas de milho

A estrutura do dossel vegetal determina o microambiente ao redor das folhas, densidade de fluxo radiante, temperatura do ar, temperatura do solo, pressão de vapor do ar, temperatura da folha, calor armazenado no solo, velocidade do vento, interceptação da precipitação e duração de folha verde (NOBEL, 1991; NORMAN; CAMPBELL, 1989; ROSS, 1981). Então, a estrutura do dossel tem uma grande influência na troca de massa e energia entre a planta e o ambiente. Estrutura de dossel refere-se ao conteúdo e organização do material da planta acima do solo, incluindo o tamanho, formato e orientação de órgão da planta, como folha, colmos, ramos, flores e frutos (NORMAN; CAMPBELL, 1989).

A maioria dos genótipos precoces cultivados no Brasil apresenta pequena estatura, menor número de folhas e folhas mais eretas. A produção das plantas, apresentando essas características, resulta em redução relativa dos custos de produção e manutenção (como por exemplo: água e nutrientes) por planta (LOOMIS; CONNOR, 1992). O menor conteúdo de fitomassa por planta permite ter mais indivíduos por área, que a seu turno aumenta o índice de área foliar (IAF). O incremento no IAF favorece uma interceptação mais efetiva da luz (TOLLENAAR, 1997).

Com o aumento da interceptação da radiação solar, aumento da produção de fitomassa seca pela comunidade é obtido (SINCLAIR, 1998). A mudança da arquitetura foliar também permitiu aos híbridos modernos manter maiores taxas fotossintéticas de folhas, em alta densidade, em relação aos híbridos clássicos (DWYER et al., 1991). E também promove um aumento no uso eficiente da radiação durante o enchimento de grãos, que futuramente contribuirá para a produção de mais grãos por planta e maiores produções de grãos por área (TOLLENAAR; AGUILHERA, 1992).

A arquitetura do dossel influencia a absorção e a refração (“scattering”) da luz pela vegetação (BEADLE et al., 1985).

2.5 Área foliar

O índice de área foliar é uma variável importante para caracterizar o desenvolvimento de uma cultura e sua relação com a atmosfera (SANGOI, 1996).

As folhas representam a interface entre uma cultura e o ambiente atmosférico. Elas extensivamente determinam a quantidade de radiação interceptada e a transpiração e, então, o requerimento de água e a produtividade da cultura (NOBEL et al., 1993).

A quantidade e a distribuição vertical da área foliar são essenciais para estimar a radiação interceptada pelo dossel de uma cultura. A estimativa acurada da radiação interceptada é importante para o uso em modelos fotossintéticos de dossel (DOURADO NETO, 1999).

Segundo Boedhram et al. (2001), o IAF de milho é distribuído simetricamente na vertical da emergência até a maturidade. Esses autores mostraram que a distribuição normal deu um excelente ajuste da curva (r^2 superior a 0,94) que mensura a distribuição do IAF a cada intervalo de 0,10 m da altura, independente do N aplicado, umidade do solo, estágio de desenvolvimento da cultura, ou época.

O conhecimento da distribuição vertical da área foliar é essencial para se estimar a atenuação da densidade de fluxo fotossintético dentro do dossel (SIVAKUMAR; VIRMANI, 1984). A área foliar e a distribuição de luz são importantes parâmetros de entrada em modelos de fotossíntese de dossel.

O IAF e a distribuição de área foliar dentro de um dossel de milho são os principais fatores determinantes da interceptação total de luz, que afeta a fotossíntese, transpiração e acúmulo de fitomassa seca (PEARCE et al., 1967; LIETH; REYNOLDS, 1984). A distribuição vertical da área foliar é determinada pelo tamanho de folha, ângulo foliar, e comprimento de internódio. A concepção de um tipo ótimo de planta para fotossíntese, crescimento e produção de grãos foi introduzido por Donald (1968). Mock; Pearce (1975) definiram um tipo ideal de milho com um IAF superior a quatro (no florescimento) e com uma distribuição de folhas em que as mesmas acima da espiga seriam orientadas verticalmente e abaixo da espiga orientadas horizontalmente, para maximizar a interceptação de luz pelo dossel inteiro.

Uma outra consideração na determinação da distribuição ótima da área foliar para fotossíntese, crescimento e produção de grãos é a comparação de taxas de fotossíntese em diferentes níveis no dossel. As folhas abaixo da espiga são mais velhas e mais sombreadas que aquelas mais altas no dossel e apresentam menores taxas fotossintéticas ainda quando expostas a

luz solar direta (DWYER; STEWART, 1986). Folhas nas vizinhanças da espiga apresentam uma a maior taxa fotossintética no dossel e também são as que envelhecem mais lentamente, então, elas mantêm suas taxas máximas de fotossíntese por um período mais longo que outras folhas na planta (THIAGARAJAH et al., 1981). Maiores penetrações de luz até folhas da espiga possam, portanto, contribuir para maiores taxas de crescimento do milho, que é conseguido através de folhas orientadas mais verticalmente que horizontalmente (LOOMIS; WILLIAMS, 1969).

2.6 Radiação solar

A radiação incidente na área de produção é dependente de sua localização geográfica (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura (ALFONSI, 1991).

A incidência de radiação na superfície terrestre é dependente da quantidade de energia que atinge o topo da atmosfera e da transmissividade da atmosfera à radiação (GOUDRIAAN; LAAR, 1994).

O cálculo da energia livre entrando em um sistema planta-ambiente é necessário para se estimar o potencial produtivo de culturas ou comunidade de plantas. A fotossíntese é o processo básico de transformação de energia nesse complexo sistema, e os modelos correntes de utilização de radiação pelas plantas são quase sempre baseados na radiação fotossinteticamente ativa (PAR), ao invés da radiação solar total. A amplitude da PAR é determinada de acordo com a banda do espectro de absorção dos pigmentos das plantas. Os comprimentos de onda da radiação entre 400 e 750 nm são normalmente considerados como a faixa do PAR (DOURADO NETO, 1999).

JONG et al. (1982) mostraram que a produção de milho no Havái foi linearmente relacionada à radiação incidente e respondeu a 78,5% da variação da produtividade. No entanto, diferenças no desenvolvimento de dossel entre culturas e climas podem confundir comparações de eficiência baseada apenas na radiação incidente.

A eficiência do uso da radiação de cultura (RUE, g.MJ^{-1}) é uma variável derivada da relação da fitomassa seca acumulada da cultura (BIO, $\text{g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) e da radiação interceptada pelo dossel vegetal (RAD, $\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$). RUE é uma medida independente que pode ser usada para descrever a performance de culturas e destacar limitações na produtividade. Estimativas de RUE pode também identificar problemas de manejo de culturas e ser usada para obter respostas de aumento de produtividade em diferentes sistemas de produção. Montheith (1977) e Biscoe; Gallagher (1977) estabeleceram que a RUE está relacionada quase que linearmente com a

radiação fotossinteticamente ativa absorvida (PARa). Para efeito de cálculo, a PAR representa 40 a 50% do total da radiação solar direta coletada pelo solarímetro, ou seja, a radiação possível de ser interceptada pelas folhas. Essa estimativa já inclui a presença da radiação difusa, rica em RAF. De acordo com o conteúdo de clorofila nas folhas, a radiação absorvida pelas plantas representa entre 0,8 e 0,9 da radiação interceptada.

Teoricamente, RUE depende da taxa de assimilação de CO₂ pelas folhas. O incremento na taxa de fotossíntese foliar está diretamente ligado ao incremento de RUE, embora a resposta seja curvilínea, levando a máxima RUE em alta taxa fotossintética (SINCLAIR; MUCHOW, 1999).

Segundo Sands (1996), a RUE é alterada substancialmente pela fotossíntese máxima e a eficiência quântica e pouco alterada pelas diferenças de altitude, latitude, época do ano, ângulo foliar e índice de área foliar (IAF).

Análises teóricas das potenciais fontes de variação entre locais são atribuídas à radiação solar e à fração de radiação difusa (SINCLAIR; MUCHOW, 1999).

Sands (1996) conclui que a temperatura pode influenciar RUE dependendo da resposta fotossintética à temperatura.

Gosse et al. (1986) avaliaram diferentes espécies quanto o RUE e encontraram, em corroboração com análises teóricas, que espécies C₄ apresentaram maiores valores de RUE que espécies C₃.

Andrade et al. (1992; 1993), trabalhando com milho na região de Balcarce (Argentina), verificaram um decréscimo linear de RUE em função da diminuição da temperatura média na faixa de 21 a 16°C. RUE máxima em milho ocorre durante o crescimento vegetativo, e há uma tendência para decréscimo de RUE durante o enchimento de grãos associado com a mobilização do nitrogênio foliar para o grão (MUCHOW; DAVIS, 1988).

Os valores médios para RUE para milho de acordo com diversos trabalhos de literatura situam-se entre 3,2 a 3,4 g.MJ⁻¹ de PAR interceptada para a fase vegetativa, e 2,6 a 3,4 g.MJ⁻¹ de PAR interceptada para todo o ciclo da cultura (SINCLAIR; MUCHOW, 1999).

A influência da assimilação de CO₂ (A) na RUE é resultado da ligação entre área foliar e conteúdo de nitrogênio foliar. Segundo Evans (1989), o nitrogênio influencia o crescimento e desenvolvimento das culturas pelos seus efeitos na variação temporal da área foliar e na capacidade fotossintética.

Sinclair; Horie (1989) concluíram que a variação da A máxima foliar foi diretamente associada com as trocas no teor de nitrogênio por unidade de área foliar (SLN, g de nitrogênio por m² de folha) e desenvolveram argumentos teóricos que indicavam que uma relação hiperbólica entre RUE e SLN deveria existir, com uma grande sensibilidade de RUE aos baixos níveis de SLN.

Muchow (1990) trabalhando com a cultura de “kenaf” e Sinclair et al. (1993) trabalhando com a cultura de amendoim confirmaram a relação hiperbólica entre RUE e SLN. WRIGHT et al. (1993), observaram um declínio linear em RUE quando SLN reduziu de 1,65 para 1,18 g N.m⁻² em plantas de amendoim cultivadas em diferentes níveis de nitrogênio.

Muchow; Sinclair (1994) estudaram a relação entre RUE e o teor de nitrogênio foliar em milho e sorgo derivado de diferentes níveis de nitrogênio proveniente de fertilizante e observaram que existe uma saturação na resposta de RUE pelo incremento do conteúdo de nitrogênio foliar.

Wright; Hammer (1994) observaram em cultura de amendoim que RUE observado foi 32% maior que o valor teórico de RUE considerando uma distribuição homogênea de SLN no dossel, sugerindo com isso que exista uma distribuição não uniforme de SLN no dossel.

O gradiente do conteúdo de nitrogênio foliar no dossel de culturas pode resultar da idade do tecido foliar, luz, ou ambos fatores (WERGER; HIROSE, 1991). Em algumas poáceas perenes, a distribuição de SLN é marcada por um decréscimo exponencial do topo para a base do dossel (PONS et al., 1989).

2.7 Nitrogênio

Aproximadamente 75 % em plantas C₃ e 60 % em plantas C₄ de todo o nitrogênio das folhas estão envolvidos no processo de fotossíntese (EVANS, 1989) e têm-se amplamente demonstrado que o conteúdo de nitrogênio foliar apresenta um efeito robusto no ganho potencial de carbono pelas folhas (FIELD, 1983; van KEULEN et al., 1989). Entretanto a capacidade fotossintética do dossel não depende apenas de SLN, mas sim da interação de SLN, distribuição da área foliar no dossel e a radiação ambiente.

PEREIRA et al. (1981) observaram que o conteúdo de N nas partes vegetativas do milho reduziu gradualmente durante o crescimento reprodutivo em forma harmônica com o incremento de nitrogênio na espiga, sendo que a quantidade de N remobilizado foi equivalente à quantidade total de nitrogênio acumulado nos grãos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento de campo foi realizado na área da TECNOESTE (Show Tecnológico Rural do Oeste Catarinense), na EAFC (Escola Agrotécnica Federal de Concórdia) no município de Concórdia, SC, com os seguintes dados geográficos, Latitude 27° 14'03", Longitude 52° 01'40" e Altitude de 569 metros (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise química do solo em dois locais da área experimental. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia. Concórdia, SC. 2006

Determinação	Resultado	Unidade
Teor de argila	61,0	%
pH	5,6	-
Índice SMP	6,0	-
Teor de fósforo	26,8	ppm
Teor de potássio	147,5	ppm
Matéria orgânica	3,4	%
Teor de alumínio	0,0	cmol _c .dm ⁻³
Teor de cálcio	6,9	cmol _c .dm ⁻³
Teor de magnésio	3,2	cmol _c .dm ⁻³
Teor de sódio	8,5	ppm
Teor de Hidrogênio + Alumínio	4,4	cmol _c .dm ⁻³
pH em cloreto de cálcio (CaCl ₂)	5,0	-
Soma de bases	10,5	cmol _c .dm ⁻³
Capacidade de Troca Catiônica	14,9	cmol _c .dm ⁻³
Saturação de bases	69,7	%

3.2 Implantação do experimento

O solo em que o experimento foi realizado apresentava a cultura da aveia preta (*Avena strigosa*) na fase de floração como cobertura do solo. O manejo da cobertura do solo foi realizada a partir da dessecação da área com herbicida (gliz 48 cs, princípio ativo Glifosato, 480 g.L⁻¹,

48%). Na mesma operação também foi usado o inseticida (Lorsban, na dosagem de 1 L.ha⁻¹, princípio ativo Clorpirifós, 150 L.ha⁻¹ de calda).

3.3 Descrição dos tratamentos

A descrição esquemática dos diferentes tratamentos utilizados no experimento de campo está na Figura 1.

Foram utilizados vinte e sete tratamentos com duas repetições, contemplando três diferentes populações de plantas (60.000, 70.000 e 80.000 plantas.ha⁻¹) e espaçamentos entre fileiras de plantas (0,45 m, 0,60 m e 0,80 m).

AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 6,4 sementes.m ⁻¹	T ₂₂	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 4,8 sementes.m ⁻¹	T ₁₃	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 3,6 sementes.m ⁻¹	T ₄
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 5,6 sementes.m ⁻¹	T ₂₃	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 4,2 sementes.m ⁻¹	T ₁₄	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 3,1 sementes.m ⁻¹	T ₅
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 4,8 sementes.m ⁻¹	T ₂₄	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 60.000 planta.ha ⁻¹ 3, 6 sementes.m ⁻¹	T ₁₅	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 2,7 sementes.m ⁻¹	T ₆
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 6,4 sementes.m ⁻¹	T ₁₉	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 4,8 sementes.m ⁻¹	T ₁₀	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 3,6 sementes.m ⁻¹	T ₁
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 5,6 sementes.m ⁻¹	T ₂₀	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 4,2 sementes.m ⁻¹	T ₁₁	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 3,1 sementes.m ⁻¹	T ₂
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 4,8 sementes.m ⁻¹	T ₂₁	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 3, 6 sementes.m ⁻¹	T ₁₂	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 2,7 sementes.m ⁻¹	T ₃
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 6,4 sementes.m ⁻¹	T ₂₅	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 4,8 sementes.m ⁻¹	T ₁₆	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 80.000 plantas.ha ⁻¹ 3,6 sementes.m ⁻¹	T ₇
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 5,6 sementes.m ⁻¹	T ₂₆	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 4,2 sementes.m ⁻¹	T ₁₇	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 70.000 plantas.ha ⁻¹ 3,1 sementes.m ⁻¹	T ₈
AGN-30A06 Espaçamento 0,80 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 4,8 sementes.m ⁻¹	T ₂₇	AGN-30A06 Espaçamento 0,60 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 3,6 sementes.m ⁻¹	T ₁₈	AGN-30A06 Espaçamento 0,45 m 60.000 plantas.ha ⁻¹ 2,7 sementes.m ⁻¹	T ₉

Figura 1 - Descrição esquemática do experimento

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos (EEL: espaçamento entre linhas de plantas, m; PP: população de plantas por ha; DS: distribuição de sementes, sementes.m⁻¹; EP: espaçamento entre plantas, cm) e manejos de adubação (AFs: adubação do fertilizante 9:33:12 na semeadura, g por 5 m; ANs: adubação com nitrato de amônio na semeadura, g por 5 m; ANc: adubação com nitrato de amônio em cobertura, g por 5 m; AT: adubação com fertilizante 9:33:12, kg.ha⁻¹; e NAT: nitrato de amônio, kg.ha⁻¹) realizados a campo, para as 27 tratamentos nos espaçamentos de 0,45 m; 0,60 m; 0,80 m

Tratamento	EEL	PP	DS	EP	AFs	ANs	ANc	AT	NAT
T ₁	0,45	80.000	3,6	27,7	0	0	90	0	400
T ₂	0,45	70.000	3,1	32,2	0	0	90	0	400
T ₃	0,45	60.000	2,7	37,0	0	0	90	0	400
T ₄	0,45	80.000	3,6	27,7	90	22	90	400	500
T ₅	0,45	70.000	3,1	32,2	90	22	90	400	500
T ₆	0,45	60.000	2,7	37,0	90	22	90	400	500
T ₇	0,45	80.000	3,6	27,7	112	90	90	500	500
T ₈	0,45	70.000	3,1	32,2	112	90	90	500	500
T ₉	0,45	60.000	2,7	37,0	112	90	90	500	500
T ₁₀	0,60	80.000	4,8	20,8	0	0	120	0	400
T ₁₁	0,60	70.000	4,2	23,8	0	0	120	0	400
T ₁₂	0,60	60.000	3,6	27,7	0	0	120	0	400
T ₁₃	0,60	80.000	4,8	20,8	120	30	120	400	500
T ₁₄	0,60	70.000	4,2	23,8	120	30	120	400	500
T ₁₅	0,60	60.000	3,6	27,7	120	30	120	400	500
T ₁₆	0,60	80.000	4,8	20,8	150	120	120	500	500
T ₁₇	0,60	70.000	4,2	23,8	150	120	120	500	500
T ₁₈	0,60	60.000	3,6	27,7	150	120	120	500	500
T ₁₉	0,80	80.000	6,4	15,6	0	0	160	0	400
T ₂₀	0,80	70.000	5,6	17,8	0	0	160	0	400
T ₂₁	0,80	60.000	4,8	20,8	0	0	160	0	400
T ₂₂	0,80	80.000	6,4	15,6	160	40	160	400	500
T ₂₃	0,80	70.000	5,6	17,8	160	40	160	400	500
T ₂₄	0,80	60.000	4,8	20,8	160	40	160	400	500
T ₂₅	0,80	80.000	6,4	15,6	200	160	160	500	500
T ₂₆	0,80	70.000	5,6	17,8	200	160	160	500	500
T ₂₇	0,80	60.000	4,8	20,8	200	160	160	500	500

A área total utilizada para o projeto incluindo a bordadura, representa 990 m² (55x18) para realização do experimento foram estabelecidas 27 parcelas com 2 repetições, distribuídas em blocos casualizados com 9 parcelas em cada bloco resultante da combinação dos três espaçamentos e das três densidades populacionais para o genótipo de milho híbrido AGN-30A06. Todas as parcelas foram constituídas de 6 linhas com 5 m de comprimento. O espaçamento de

0,45 m representa 13,5 m², o espaçamento 0,60 m representa 18 m² e o espaçamento 0,80 m representa 24 m² sendo considerado para as avaliações as 2 linhas centrais.

3.4 Semeadura e adubação

O solo foi preparado para a semeadura utilizando o trator e uma semeadora para abrir os sulcos com os espaçamentos de 0,45 m, 0,60 m e 0,80 m distribuindo a dosagem de 400 kg.ha⁻¹ para as parcelas (T₄, T₅, T₆, T₁₃, T₁₄, T₁₅, T₂₂, T₂₃ e T₂₄) e 500 kg.ha⁻¹ para as parcelas (T₇, T₈, T₉, T₁₆, T₁₇, T₁₈, T₂₅, T₂₆ e T₂₇), de adubo na formulação 9-33-12, dezessete (17) dias antes da semeadura, as parcelas (T₁, T₂, T₃, T₁₀, T₁₁, T₁₂, T₁₉, T₂₀ e T₂₁) serão as testemunhas e, portanto, não receberão adubação com fertilizante 9:33:12 e nem produto nitrogenado (nitrato), sendo que somente receberá adubação com produto nitrogenado (nitrato) de cobertura aos 30-40 dias após a semeadura. Portanto deverá extrair os nutrientes apenas do solo. A semente utilizada no experimento receberá o tratamento com inseticida (FUTUR 300, Tiodicarb), na dosagem de 2 litros por 100 kg semente, as bordaduras entre as parcelas serão semeadas com o mesmo híbrido, são 27 parcelas de 5 metros com 6 linhas em cada parcela, no momento da semeadura foi feita uma adubação na base com produto nitrogenado (nitrato) na proporção de 100 kg por hectare, durante o período vegetativo (35 a 40 dias) será aplicado mais 400 kg de nitrato em todas as parcelas respectivamente, conforme análise do solo

A semeadura foi feita manualmente utilizando o saraquá (equipamento para semeadura manual) aos 34 dias após a dessecagem da área experimental.

Para atender as populações desejadas por área, foi utilizada régua marcada. As sementes foram distribuídas por metro de linha para obtenção das populações e espaçamentos desejados (Tabela 2).

Todas as parcelas receberam adubação de cobertura com nitrato na proporção de 400 kg.ha⁻¹ sem incorporação, quando as plantas apresentarem de 4 a 8 folhas totalmente expandidas.

3.5 Avaliações fitotécnicas

3.5.1 Tratos culturais

Aplicação de inseticida Lorsban na dose de 1 L.ha⁻¹ (Princípio ativo clorpirifós) e aplicação do herbicida Primatop 6 L.ha⁻¹ (Princípio ativo Atrazina + Simazina) após a

emergência. Foi realizado também o desbaste do milho quando o mesmo atingiu o estágio fenológico de 5 folhas totalmente expandidas.

Foi observado que o pendoamento do milho ocorreu aos sessenta dias após a semeadura nas parcelas que receberam adubação com N, P e K. Nos locais onde não foram efetuadas adubações (testemunha), o pendoamento atrasou (Figura 2).

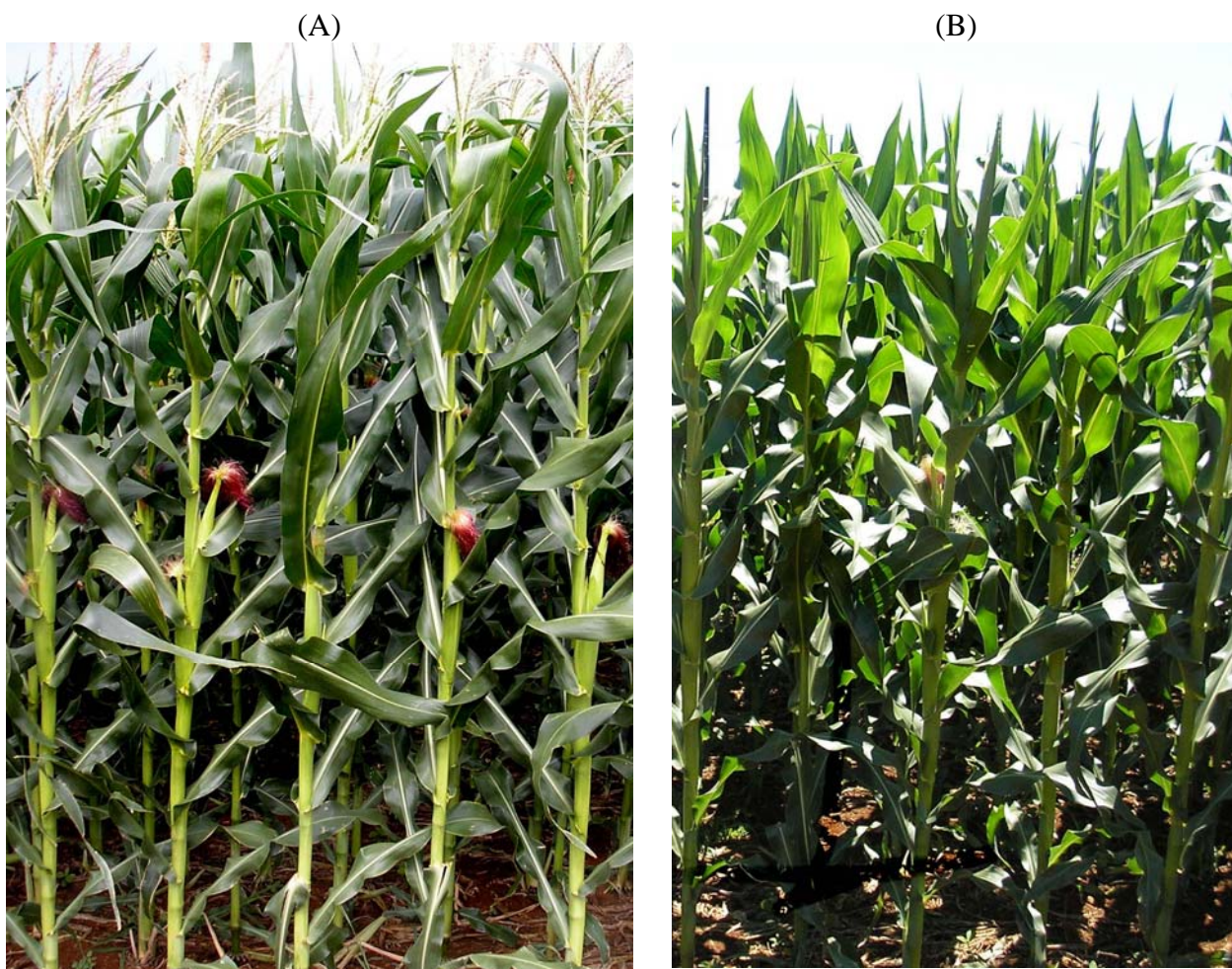


Figura 2 - Detalhe da cultura de milho aos 60 dias após a semeadura nas (A) parcelas adubadas com N, P e K (plantas no pendoamento) e nas (B) parcelas não adubadas (testemunha)

3.5.2 Produtividade de grãos

A colheita foi realizada manualmente, 120 a 143 dias após a semeadura, recolhendo todas as espigas das duas linhas centrais de cada parcela, foi determinada a produtividade por população, e a debulha foi mecanizada, utilizando o trator e o implemento acoplado aos três pontos do hidráulico, debulhadora.

3.5.3 Análise bromatológica

Após a colheita foi feita a debulha e verificado o teor de água do grão, a qual oscilou entre 13,1 e 14,5%. Posteriormente, procedeu-se a análise bromatológica dos grãos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Bromatologia

A análise bromatológica de grãos de milho foi efetuada no Laboratório Multimix em Campinas, SP, conforme ilustram a Tabela 3 e as Figuras 3 e 4.

Tabela 3 - Análise bromatológica de grãos de milho. Laboratório Multimix. Campinas, SP. 11 de abril de 2007 (Amostras A7-04870 - T₀ - média dos tratamentos sem adubação; Somente Nitrato de Amônia 400 kg.ha⁻¹ Amostras A7-04868 - T₄₀₀ - média dos tratamentos com adubação de 400 kg.ha⁻¹ dos fertilizantes 9:33:12 e nitrato de amônio; Amostras A7-04869 - T₅₀₀ - média dos tratamentos com adubação de 500 kg.ha⁻¹ dos fertilizantes 9:33:12 e nitrato de amônio)

Item	T ₀	T ₄₀₀	T ₅₀₀
Classificação do milho			
Materiais estranhos, impurezas e fragmentos	0,10%	0,00%	0,00%
Grãos ardidos e/ou brotados	0,40%	0,70%	0,40%
Grãos com avarias diversas	8,70%	3,00%	2,40%
Total de grãos avariados	9,10%	3,70%	2,80%
Grãos bons	90,80%	96,30%	97,20%
Análise física			
Umidade	14,50%	14,40%	13,10%
Densidade	0,77 g.mL ⁻¹	0,80 g.mL ⁻¹	0,81 g.mL ⁻¹
Análise química			
Proteína bruta	11,31%	10,27%	9,55%
Extrato etéreo	3,98%	4,14%	4,57%

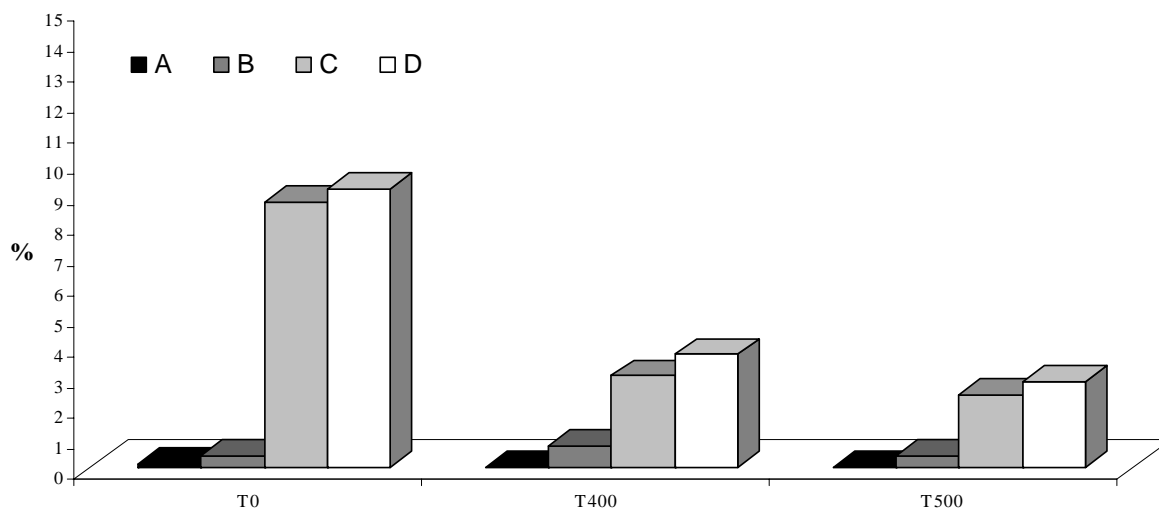


Figura 3 - Classificação dos grãos do milho (A: materiais estranhos, impurezas e fragmentos; B: grãos ardidos e/ou brotados; C: grãos com avarias diversas; e D: total de grãos avariados)

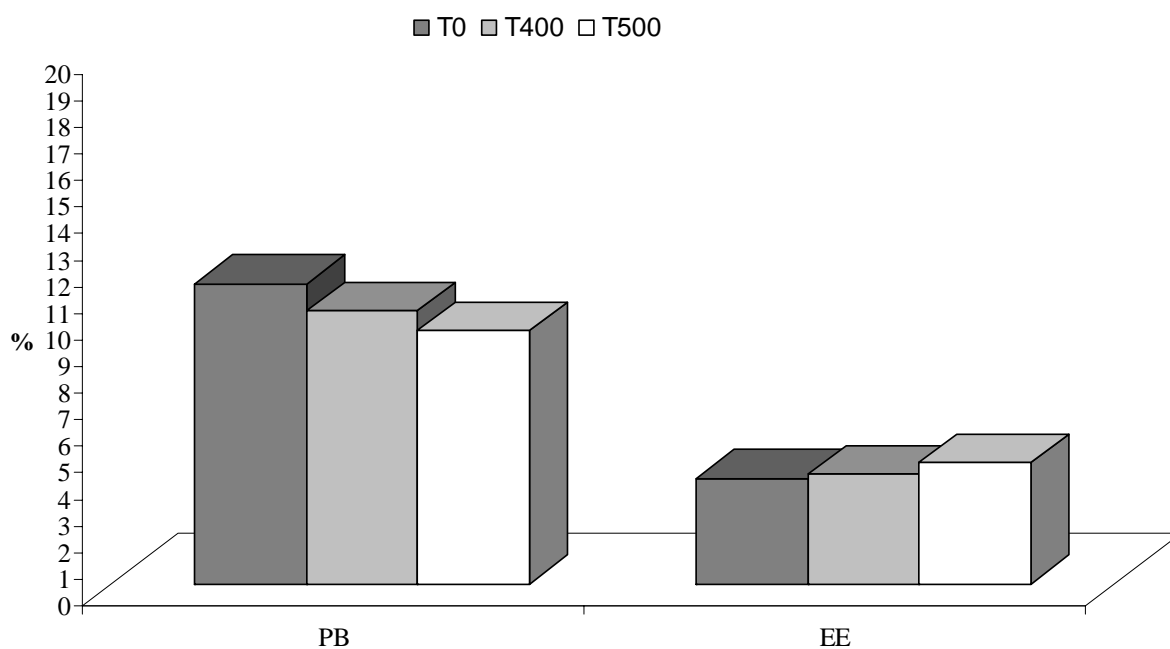


Figura 4 - Análise química (PB: proteína bruta; e EE: extrato etéreo)

4.2 Perdas de planta por acamamento ou quebra

No experimento realizado com o milho híbrido AGN-30A06 em espaçamento e populações diferenciadas foram obtidas as seguintes perdas por acamamento e quebras: (i)

população de 60.000 plantas por ha com espaçamento entre linhas de plantas 0,60 m, foi observada uma planta quebrada na parcela testemunha. Nas demais parcelas não foram encontradas plantas quebradas ou acamadas; (ii) população de 70.000 plantas por ha com espaçamento entre linhas de 0,60 m, foram observadas 4 plantas quebradas nas parcelas que receberam 400 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9:33:13 e 2 plantas quebradas na parcela que recebeu 500 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9:33:13; (iii) população de 80.000 plantas por ha com espaçamento entre linhas de 0,45 m, foram observadas 3 plantas quebradas nas parcelas que receberam 400 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9:33:13 e 3 plantas acamadas nos espaçamentos entre linhas de 0,60 m na parcela testemunha; e (iv) nas demais parcelas do experimento não houveram quebras ou acamamentos da planta do milho.

Isso demonstra que de fato o acamamento ou quebra não foi um fator limitante na produtividade do milho, nas condições em que se conduziu este experimento. Entretanto, quando ocorre o aumento da população de plantas juntamente com redução de espaçamento, deve-se respeitar os limites de população de cada híbrido. Além disso, na ocorrência de acamamento pode haver um efeito ilusório facilmente explicável: se ocorrer um acamamento de 10% numa população de 60.000 plantas por hectare, isso significa 6.000 plantas acamadas por hectare; mas se for 10%, numa população de 80.000 plantas por hectare, serão 8.000 plantas acamadas por hectare. Visualmente 8.000 plantas acamadas por hectare aparecem bem mais do que 6.000 plantas por hectare.

4.3 Produtividade de grãos

Os resultados de produtividade média de grãos, corrigida a 13% de umidade, referentes aos diferentes tratamentos e manejos de adubação estão apresentados na Tabela 4.

O uso de espaçamento reduzido e a maior população de plantas na cultura do milho já vem sendo estudado há muito tempo, porém apenas recentemente vem sendo adotada de forma mais ampla pelos agricultores brasileiros. Resultados de ensaios conduzidos nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil relatam ganhos produtividade de até 14% com a adoção desta prática.

Há também relatos de um aumento de produtividade de milho entre 15 a 20%, como no ensaio feito pela Pioneer no Distrito de São Bento, em Carazinho, RS, onde o aumento foi de 20%.

O efeito teórico da redução do espaçamento entre linhas de plantas sobre o aumento da produtividade de grãos se confirma por alguns experimentos de campo. Já na década de 70, Mundstock (1977) constatou aumentos entre 5 e 10% na produtividade de grãos de milho obtidos com uso de espaçamentos menores (0,5 e 0,7m) do que os convencionalmente utilizados (0,8 a 1,0 m) na época.

Em trabalho conduzido em Lages, SC, Almeida et al. (2000) e Sangoi et al. (2001) verificaram aumento linear de produtividade de grãos com a redução do espaçamento de 1,0 m até 0,5 m, em estudo que utilizou dois genótipos de milho.

Por outro lado, em Eldorado do Sul, RS, Argenta et al. (2001) detectaram que o aumento na produtividade de grãos com a redução do espaçamento entre linhas de plantas foi evidente somente em híbridos de baixa estatura (e de ciclo superprecoce). Resultados semelhantes foram obtidos em Canoinhas, SC, onde se constatou aumento linear na produtividade de grãos em híbrido (superprecoce) com baixa estatura com redução do espaçamento de 1,0 para 0,4 m. Porém, para híbrido tardio e com elevada estatura de planta, esse desempenho não foi observado (BALBINOT JÚNIOR; FLECK, 2009).

Após análise dos resultados obtidos na avaliação do projeto do milho híbrido AGN-30A06 em espaçamento e população diferenciadas, verificou-se que o percentual de diferença de produtividade de grãos de milho nos diferentes tratamentos de adubação com o fertilizante 9:33:12 e nitrato de amônio com população de plantas diferenciadas, 80.000, 70.000 e 60.000 plantas por hectare, e com espaçamento entre linhas de 0,45 m, 0,60 m e 0,80 m (Figuras 5 a 8), foi obtida uma maior produtividade média de grãos (cerca de 30%) com espaçamento reduzido de 0,45m e com uma população de 80.000 plantas por hectare.

Tabela 4 - Produtividade média (Pm, kg.ha⁻¹) de grãos, com 13% de umidade, referente aos diferentes tratamentos (EEL: espaçamento entre linhas de plantas, m; PP: população de plantas, plantas.ha⁻¹; DS: distribuição de sementes, sementes.m⁻¹) e manejos de adubação (AT: adubação com fertilizante 9:33:12, kg.ha⁻¹ e NAT: nitrato de amônio, kg.ha⁻¹) realizados a campo, para as 27 parcelas nos espaçamentos de 0,45 m; 0,60 m; 0,80 m

Tratamento	EEL	PP	DS	AT	NAT	Pm ¹
T ₁	0,45	80.000	3,6	0	400	11334 E
T ₂	0,45	70.000	3,1	0	400	10855 E
T ₃	0,45	60.000	2,7	0	400	10402 F
T ₄	0,45	80.000	3,6	400	500	13851 B
T ₅	0,45	70.000	3,1	400	500	14313 B
T ₆	0,45	60.000	2,7	400	500	15524 A
T ₇	0,45	80.000	3,6	500	500	16263 A
T ₈	0,45	70.000	3,1	500	500	15831 A
T ₉	0,45	60.000	2,7	500	500	13896 B
T ₁₀	0,60	80.000	4,8	0	400	9057 H
T ₁₁	0,60	70.000	4,2	0	400	8949 H
T ₁₂	0,60	60.000	3,6	0	400	9021 H
T ₁₃	0,60	80.000	4,8	400	500	13185 B
T ₁₄	0,60	70.000	4,2	400	500	13568 C
T ₁₅	0,60	60.000	3,6	400	500	12637 D
T ₁₆	0,60	80.000	4,8	500	500	14161 B
T ₁₇	0,60	70.000	4,2	500	500	13986 B
T ₁₈	0,60	60.000	3,6	500	500	13523 C
T ₁₉	0,80	80.000	6,4	0	400	6752 K
T ₂₀	0,80	70.000	5,6	0	400	7889 I
T ₂₁	0,80	60.000	4,8	0	400	7316 J
T ₂₂	0,80	80.000	6,4	400	500	10562 F
T ₂₃	0,80	70.000	5,6	400	500	9271 H
T ₂₄	0,80	60.000	4,8	400	500	10946 E
T ₂₅	0,80	80.000	6,4	500	500	10328 F
T ₂₆	0,80	70.000	5,6	500	500	10959 E
T ₂₇	0,80	60.000	4,8	500	500	9934 G
DMS ²	-	-	-	-	-	62,115

¹ Os tratamentos com as mesmas letras maiúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade.

² DMS: desvio mínimo significativo, pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade.

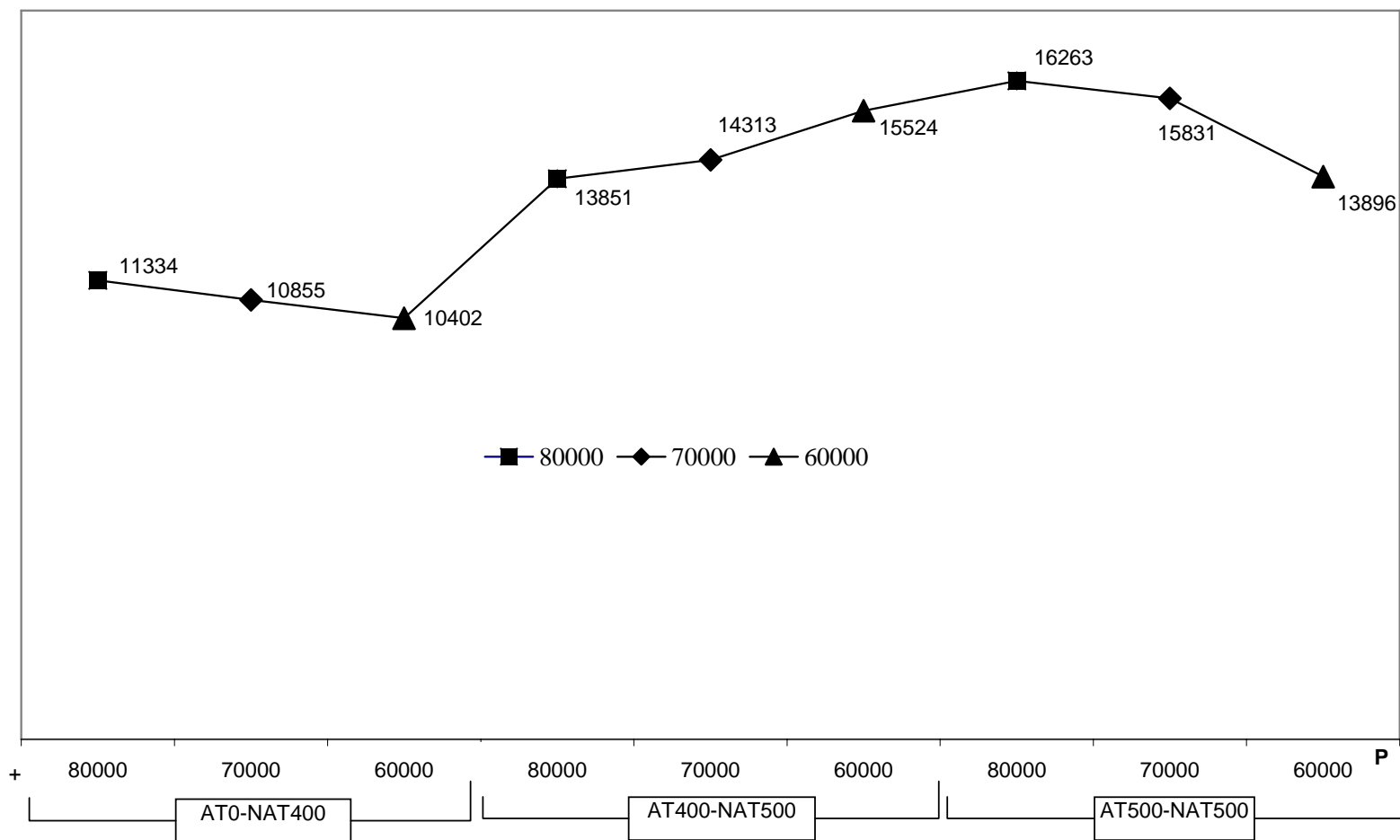


Figura 5 - Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,45 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)

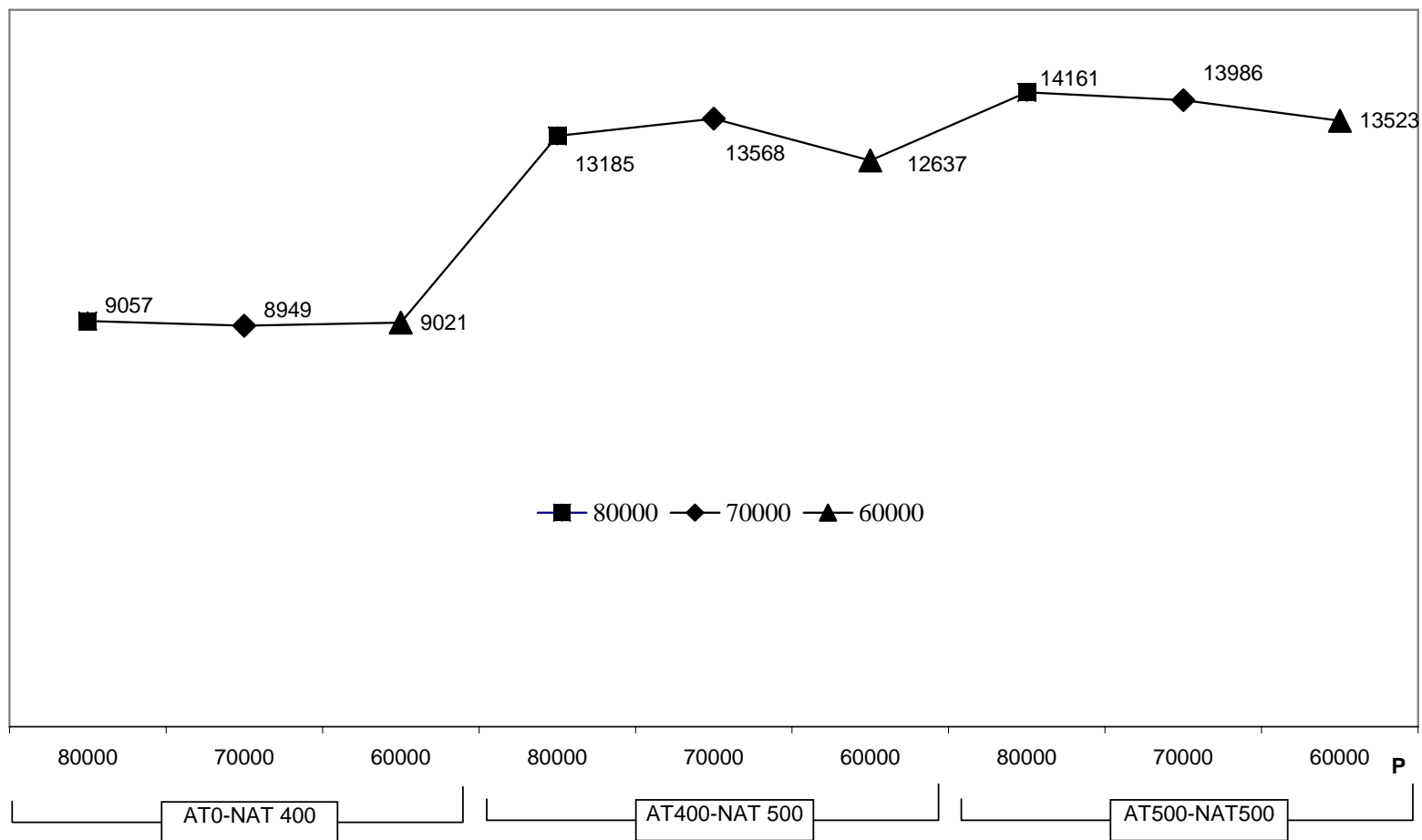


Figura 6 - Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,60 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare, e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)

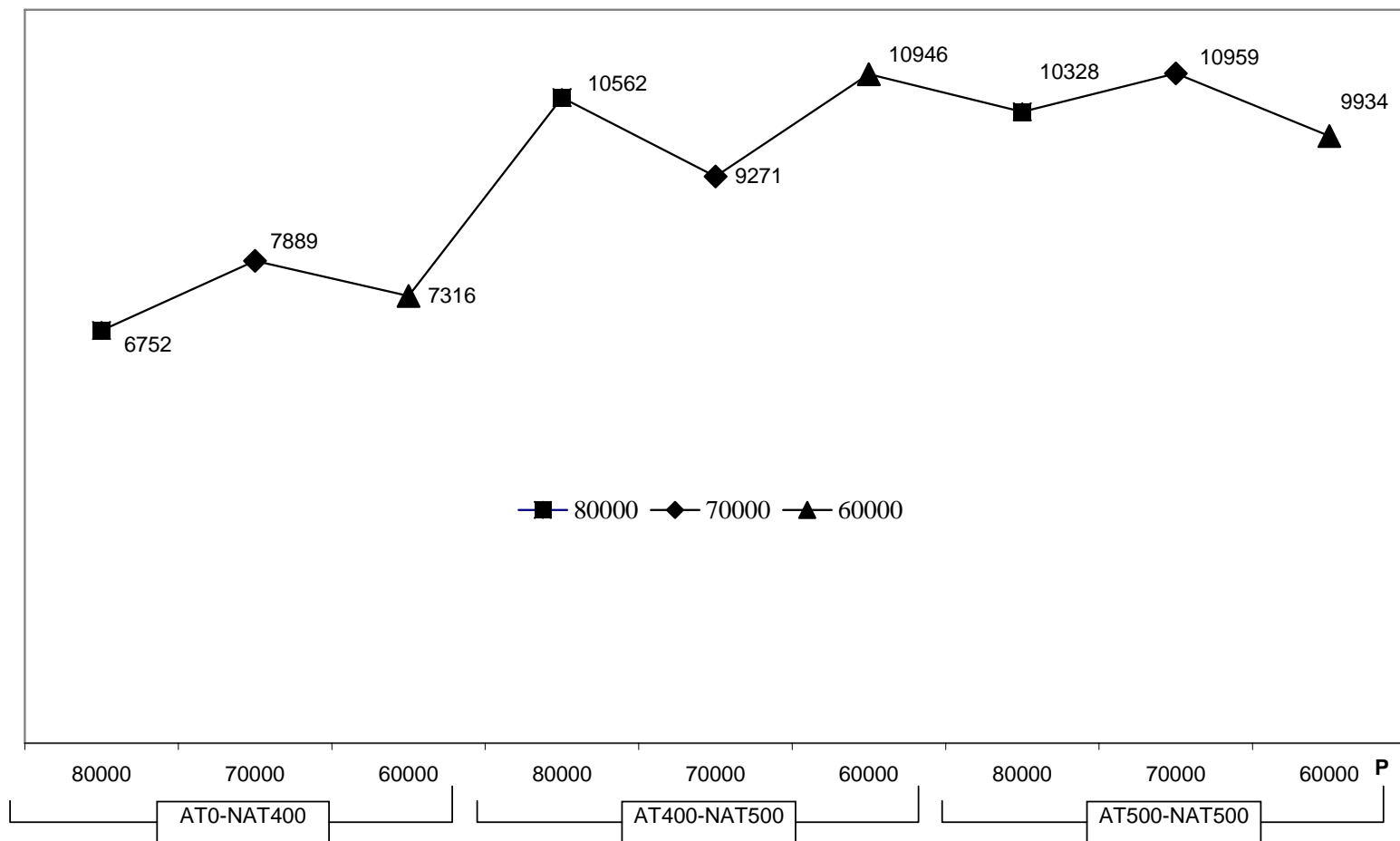


Figura 7 - Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,80 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare, e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)

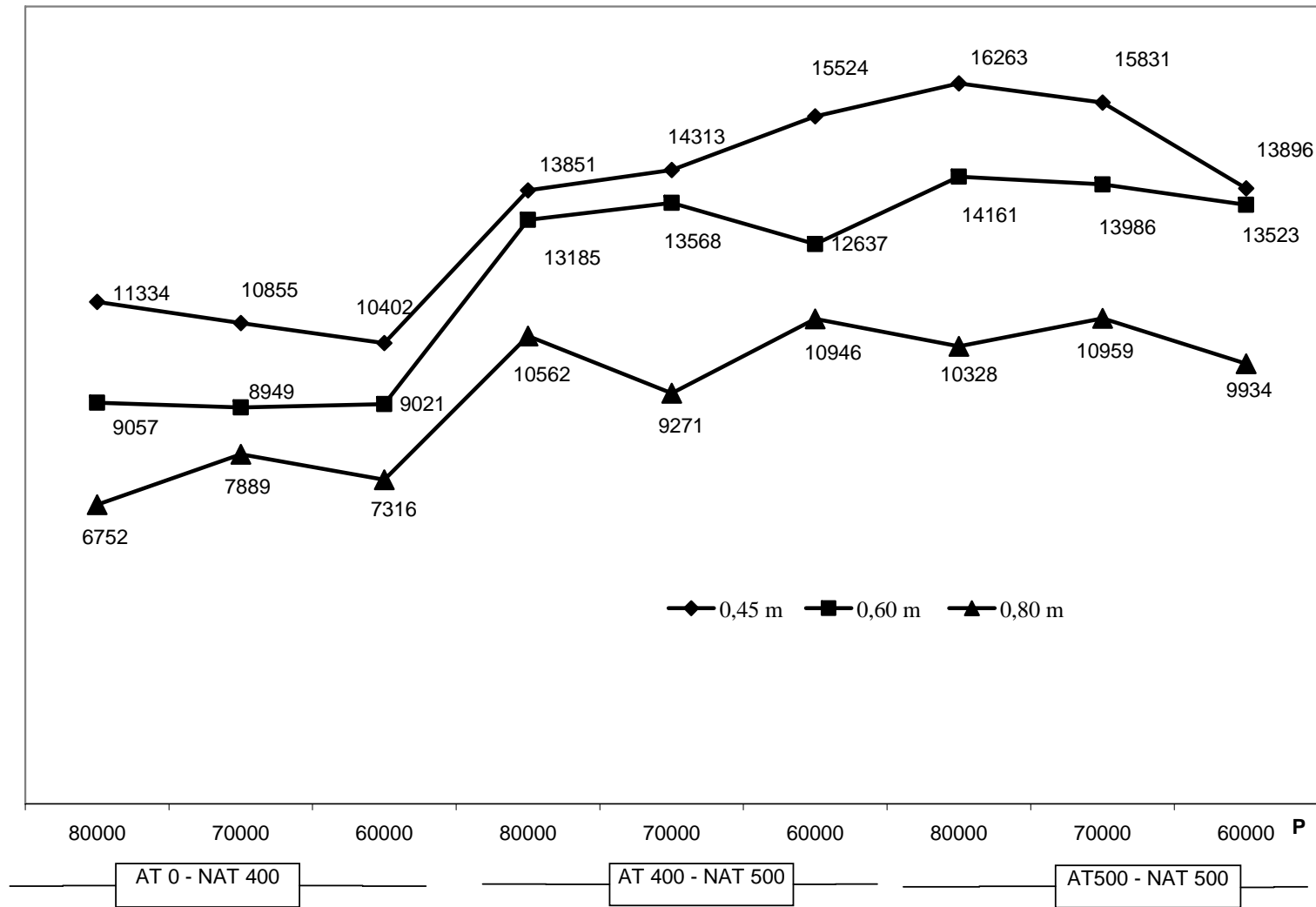


Figura 8 - Produtividade média do milho híbrido AGN-30A06 com espaçamento de 0,45 m, 0,60 m e 0,80 m entre linhas de plantas e com população (P) de 60.000, 70.000 e 80.000 plantas por hectare, e com adubação de 0, 400 e 500 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (AT) e 400 e 500 kg.ha⁻¹ de nitrato de amônio (NAT)

Para o menor nível de adubação (AT: 0 kg.ha⁻¹ e NAT: 400 kg.ha⁻¹): (a) T₁, T₁₀ e T₁₉, na população de 80.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m (Figuras 5 a 8), foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 20%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 40%; e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 25%; (b) T₂, T₁₁ e T₂₀, na população de 70.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m, 0,60 m e 0,80 m, foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 17,5%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 27% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 25%; e (c) T₃, T₁₂ e T₂₁, na população de 60.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m, foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 13%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 29% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 18%.

Pode-se verificar, neste experimento, que o melhor resultado para as três populações de plantas utilizadas, com 0 kg.ha⁻¹ de AT e 400 kg.ha⁻¹ NAT, foi obtido com o espaçamento reduzido de 0,45 m.

Para o nível intermediário de adubação (AT: 400 kg.ha⁻¹ e NAT: 500 kg.ha⁻¹): (a) T₄, T₁₃ e T₂₂, na população de 80.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m (Figuras 5 a 8), foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 4,8%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 23% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 19%; (b) T₅, T₁₄ e T₂₃, na população de 70.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m, foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 5%; (ii) comparando o

espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 35% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 31% e (c) T₆, T₁₅ e T₂₄, na população de 60.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m, foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 18%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 29% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 13%.

Pode-se verificar, neste experimento, que o melhor resultado para as três populações de plantas utilizadas, com 400 kg.ha⁻¹ de AT e 500 kg.ha⁻¹ NAT, foi também obtido com o espaçamento reduzido de 0,45 m.

Para o maior nível de adubação (AT: 500 kg.ha⁻¹ e NAT: 500 kg.ha⁻¹): (a) T₇, T₁₆ e T₂₅, na população de 80.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m (Figuras 5 a 8), foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 13%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 36% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 27%; (b) T₈, T₁₇ e T₂₆, na população de 70.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m, foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 11%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 30% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 21%; e (c) T₉, T₁₈ e T₂₇, na população de 60.000 plantas por hectare e espaçamento entre linhas de 0,45 m 0,60 m e 0,80 m, foram obtidos os seguintes resultados de produtividade de grãos de milho: (i) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,60 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 2,6%; (ii) comparando o espaçamento de 0,45 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 28% e (iii) comparando o espaçamento de 0,60 m com 0,80 m, observou-se um acréscimo de produtividade de 26%.

Pode-se verificar, neste experimento, que o melhor resultado para as três populações de plantas utilizadas, com 500 kg.ha^{-1} de AT e 500 kg.ha^{-1} NAT, foi também obtido com o espaçamento reduzido de 0,45 m.

Analisando os melhores resultados com os respectivos tratamentos e adubações nas parcelas T₁, T₄ e T₇, observou-se que os mesmos foram mais significativos com os espaçamentos entre linhas de plantas de 0,45 m e com a população de 80.000 plantas por hectare, onde os seguintes percentuais de aumento de produtividade de grãos de milho foram obtidos: (i) 18% com 0 kg.ha^{-1} de AT e 400 kg.ha^{-1} de NAT; (ii) 30% com 0 kg.ha^{-1} de AT e 500 kg.ha^{-1} de NAT; e (iii) 14% com 400 kg.ha^{-1} de AT e 500 kg.ha^{-1} de NAT.

O aumento de produtividade de grãos de milho, decorrente da redução de espaçamento entre fileiras e população diferenciada, ficou evidenciado conforme ilustra a Tabela 4, confirmado pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Quando se reduz o espaçamento, há (i) um aumento da capacidade competitiva, que resulta em melhor distribuição de plantas na área, (ii) menor competição entre plantas na mesma linha, (iii) aumento da eficiência na utilização de nutrientes, água e luz, (iv) maior volume de solo explorado pela planta, (v) maior espaço para o desenvolvimento radicular, ocorrendo um fechamento entre linhas mais rápido resultando uma menor evaporação, (vi) melhor aproveitamento da água do solo (menor relação entre evaporação e evapotranspiração), (vii) redução da emergência tardia das plantas daninhas, (viii) redução de custos com herbicida, (ix) há também uma melhor qualidade de plantio devido a menor velocidade dos sistemas de distribuição, (x) diminuição no efeito salino (kg de adubo por volume de solo devido ao maior comprimento de linhas de plantas por hectare), e (xi) maior eficiência no uso de maquinários (milho e soja com o mesmo espaçamento).



Figura 9 - Aumento da capacidade competitiva de plantas de milho devido à redução do espaçamento entre linhas de plantas de milho (A: 40 cm; B: 80 cm) (NUNES NETO, 2005)

Independentemente do espaçamento utilizado, existe uma competição entre as raízes das plantas por nutrientes e água no solo. Essa competição existe entre as próprias plantas de milho e entre plantas de diferentes espécies. Quando se reduz o espaçamento, a competição entre as plantas de milho é reduzida (Figura 9).

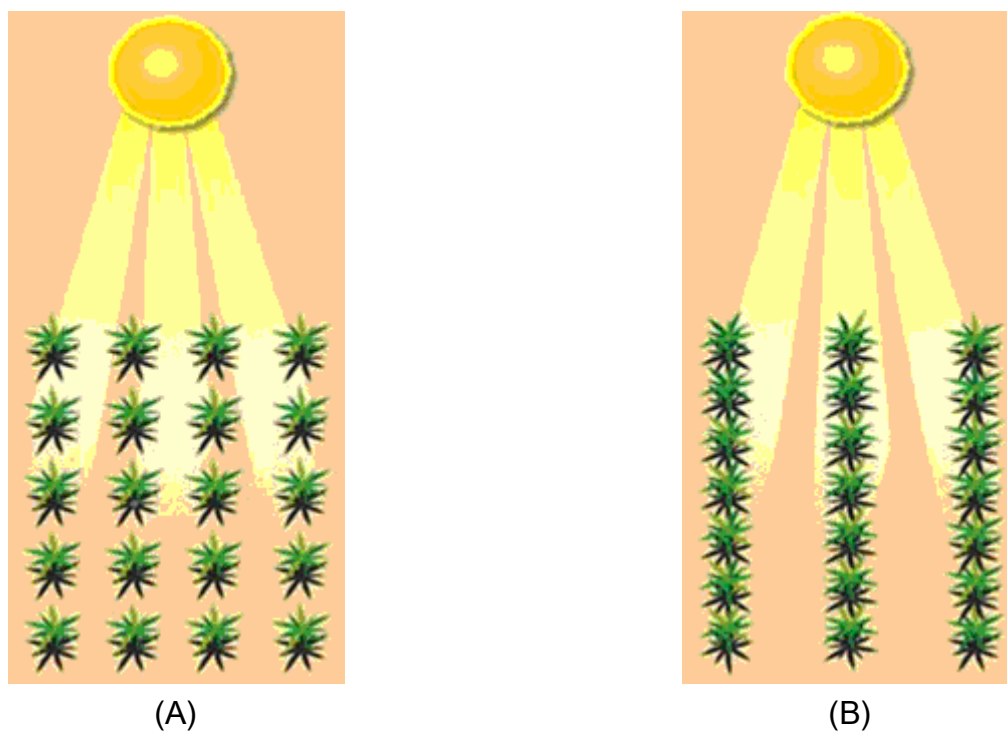


Figura 10 - Aumento da capacidade competitiva por luz de plantas de milho devido ao melhor arranjo espacial de plantas de milho (A: 40 cm; B: 80 cm) (NUNES NETO, 2005)

Neste sentido, o uso de espaçamento reduzido constitui-se numa prática cultural de manejo de plantas daninhas em milho, que pode diminuir a dependência de herbicidas para se atingir produtividades elevadas (Figura 10).

Em condições ambientais de reduzida luminosidade e precipitação pluvial e escassez de nutrientes, as plantas cultivadas em espaçamentos reduzidos apresentam maiores aproveitamento dos recursos limitados.

Com o lançamento de novos híbridos e variedades de milho com características dos híbridos modernos, os espaçamentos tradicionais entre 0,8 m e 1,0 m entre linhas de plantas, com densidades de semeadura de até 55.000 plantas por hectare não se adequam ao novo arranjo espacial de plantas de milho. Outro aspecto também a ser considerado nos arranjos tradicionais com plantas de milho e a alta competitividade com plantas daninhas favorecidas pela maior distância das entre linhas de plantas de milho.

Outro efeito da redução é a qualidade de luz absorvida pelas plantas. Como as plantas estão arranjadas mais uniformes, ocorre uma maior absorção de luz. As plantas absorvem vários comprimentos de ondas, que se reflete na qualidade de luz. Essa variação na qualidade de luz recebida pelas plantas, determina algumas modificações no desenvolvimento das plantas como: (i) maior alongação do colmo, (ii) folhas mais compridas e finas e (ii) elevadas perdas de raízes que, conseqüentemente, deixam o porte das plantas menor, reduzindo o acamamento.

Com a redução do espaçamento e conseqüente aumento no número de linhas de plantas da cultura, os adubos são distribuídos de maneira mais homogênea na área, ou seja, a concentração de adubo na linha torna-se menor, o que reduz o problema de salinização por ocasião da germinação das sementes e de emergência das plântulas.

4.4 Limitações práticas para redução do espaçamento entre fileiras

A principal limitação ao uso de espaçamentos reduzidos em milho se refere à necessidade de se dispor de plataforma específica para realizar a colheita. Atualmente, já existem plataformas fabricadas para colher milho em espaçamentos de 0,4 m a 0,5 m; porém, o custo das mesmas é elevado. Isso desestimula muitos agricultores a semear milho em espaçamento reduzido, pois há necessidade de se cultivar em áreas extensas para compensar o custo de depreciação da plataforma.

Cada agricultor deve avaliar a relação custo/benefício para a tomada de decisão, ponderando as vantagens da redução do espaçamento e o investimento na aquisição da plataforma. Para agricultores que não cultivam áreas extensas, uma alternativa seria a compra da plataforma em conjunto com outros usuários. Por outro lado, para agricultores que cultivam áreas pequenas e que colhem o milho manualmente, em geral para alimentar animais na propriedade, a colheita não se constitui em problema.

No caso de adoção do espaçamento reduzido entre linhas de plantas, os tratos culturais (aplicações de adubação nitrogenada em cobertura, herbicidas e inseticidas) devem ser adaptados ao novo esquema de distribuição de plantas, com o objetivo de minimizar danos à cultura.

4.5 Perspectivas futuras sobre a técnica

A utilização de espaçamentos que variam de 0,4 m a 0,5 m tende a aumentar na cultura de milho, principalmente por parte de agricultores que cultivam híbridos de baixa estatura e com folhas eretas em áreas extensas e que utilizam alta tecnologia em termos de adubação e controle de plantas daninhas e pragas. Nessa situação, a aquisição de plataformas para colheita apresenta viabilidade econômica, já que o custo de depreciação da mesma é suplantado pelo aumento na produtividade de grãos, redução do custo para controle de plantas daninhas e agilidade na semeadura. No caso de agricultores que cultivam milho em pequenas áreas, onde ele é colhido manualmente, o uso de espaçamentos reduzidos é facilitado. Em Santa Catarina, alguns agricultores que cultivam milho em áreas entre 0,5 e 3,0 ha já adotam essa tecnologia. Como se tratam de ‘agricultores familiares’, em que as áreas semeadas são restritas, há necessidade de maximizar a produtividade do milho, que, em geral, é utilizado na produção animal, agregando valor à produção de grãos.

Em relação à pesquisa, é provável que estudos adicionais sejam realizados, objetivando avaliar os efeitos da redução do espaçamento sobre a produtividade de grãos de milho numa maior variedade de ambientes, bem como elucidar os efeitos dessa prática sobre o aproveitamento de radiação solar, nutrientes e água pela cultura, manejo de plantas daninhas, incidência de pragas e doenças, perda de água por evaporação, acamamento de plantas e quebra de colmos.

4.6 Considerações finais

A redução do espaçamento entre fileiras de milho para 0,45 m constitui numa alternativa promissora de manejo, que pode melhorar a produtividade da cultura e facilitar o manejo de

plantas daninhas. No entanto, antes de decidir sobre essa prática, os agricultores devem analisar todo o sistema de produção de sua propriedade, a fim de verificar se não há gargalos a serem solucionados prioritariamente. Por exemplo, problemas relacionados à má condução do sistema de plantio direto, como não adoção de rotação de culturas, controle deficiente de plantas daninhas, de pragas e de doenças. Entretanto, o processo de redução de espaçamento requer também um acompanhamento das indústrias de máquinas agrícolas, que devem ter colhedora com plataformas capaz de colher o milho em espaçamentos até 0,45 m, uso de genótipos de baixo potencial produtivo, ou máquinas que operam com baixa produtividade devem ser solucionados no menor tempo possível. Nesse contexto, a simples redução do espaçamento entre fileiras de milho torna-se uma questão secundária.

Para análise bromatológica, verificou-se que: (i) quanto maior for a adubação, maior será o teor de extrato etéreo (óleo), menor será o teor de proteína, melhor será a qualidade dos grãos, menor será a incidência de doenças e menor será o índice de grãos avariados (doentes); e (ii) quanto menor for a adubação, maior será o teor de proteína, menor será o teor de extrato etéreo e maior será a quantidade de grãos avariados.

Para avaliação da produtividade, obteve-se o melhor resultado com o espaçamento entre linhas de plantas de 0,45 metros e uma população de 80.000 de plantas por hectare utilizando 500 kg.ha⁻¹ do fertilizante 9-33-12 (tratamento T₇).

Os tratamentos T₄, T₈, T₁₄ e T₂₃ tiveram plantas quebradas.

Os tratamentos T₁₀ e T₁₂ tiveram plantas acamadas durante os estádios fenológicos do milho influenciando a produtividade final de grãos de milho.

Observou-se que a adubação, o espaçamento entre linhas de plantas e a população de plantas (plantas por hectare) promovem significativas variações na produtividades de grãos de milho, sendo que a redução no espaçamento entre linhas de plantas de milho promove aumento na produtividade de grãos, melhora a distribuição espacial das plantas e aumenta a sua eficiência na interceptação de luz.

O uso de espaçamento reduzido de 0,45 m entre linhas de plantas é uma prática que promove o aumento da produtividade de grãos via incremento na densidade de plantas (planta por hectare), sendo que a maior produtividade do híbrido avaliado foi alcançada com a densidade de 80.000 plantas por hectare.

5 CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos, nas condições do presente trabalho, pode-se concluir que o melhor resultado foi obtido com o espaçamento entre linhas de plantas de 0,45 metros e população de 80.000 plantas por hectare.

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R.R. **Agrometeorologia: importância e aplicações**. Piracicaba, PPG-Fitotecnia, ESALQ/USP, 1991. 23p.
- ALMEIDA, M.L.; SANGOI, L.; ENDER, M. 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, p.23-29, 2000.
- ANDRADE, F.H.; UHART, S.A.; CIRILO, A. Temperature affects radiation use efficiency in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, n.32, p.17-25, 1993.
- ANDRADE, F.H.; UHART, S.A.; ARGUISSAIN, G.G.; RUIZ, R.A. Radiation use efficiency of maize grown in a cool area. **Field Crops Research**, Amsterdam, n.28, p.345-354, 1992.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. DA; BORTOLINI, C.G.; FORSTHOFER, E.L.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.71-78, 2001.
- BALBINOT JÚNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.1, p.245-252, 2005a.
- BALBINOT JÚNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Benefícios e limitações da redução do espaçamento entre linhas. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.5, p.37-41, 2005b.
- BALBINOT JÚNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v.1, 2009. No prelo.
- BEADLE, C.L.; LONG, S.P.; IMBAMBA, S.K.; HALL, D.O.; OLEMBO, R.J. **Photosynthesis in relation to Plant Production in Terrestrial Environments**. Oxford: Tycooly Publishing, 1985. 156p.
- BISCOE, P.U.; GALLAGHER, J.N. Weather, dry matter production and yield. In: LANDSBER, J.J.; CUTTING, C.U. (Ed.). **Environmental effects on crop physiology**. London: Academic Press, 1977. p75-100.
- BOEDHRAM, N.; ARKEBAUER, T.J.; BATCHELOR, W.D. Season-long characterization of vertical distribution of leaf area in corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.93, p.1235-1242, 2001.

DONALD, C.M. Breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Wageningen, v.17, n.3, p.385-393, 1968.

DOURADO NETO, D. **Modelos fitotécnicos referentes à cultura do milho**. 1999. 229p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

DUVICK, D.N.; COSSMAN, K.G. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the North-Central United States. **Crop Science**, Madison, n.39, p.1622-1630, 1999.

DWYER, L.M.; STEWART, D.W. Effect of leaf age and position on net photosynthetic rates in maize (*Zea mays* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n.37, p.29-46, 1986.

DWYER, L.M.; TOLLENAR, M.; STEWART, D.W. Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays* L.) hybrids, 1959 to 1988. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.71, p.1-11, 1991.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para a cultura de milho**. Sete Lagoas: 1982. 53p. (Circular Técnica, 6).

EMBRAPA. **Arranjo de plantas pode determinar rendimento no milho**. Passo Fundo, n.15, v.2, 2005a.

EMBRAPA. **Avaliação de cultivares de milho na região de Sete Lagoas**. Sete Lagoas: 2005b. 6p. (Circular Técnica, 65).

EVANS, J.R. Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C₃ plants. **Oecologia**, Berlin, n.78, p.9-19, 1989.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1997. 624p.

FIELD, C. Allocation leaf nitrogen for the maximization of carbon gain: leaf age as a control on the allocation program. **Oecologia**, Berlin, v.56, p.341-347, 1983.

GOSSE, G.; VARLET-GRANCHER, C.; BOMHOMME, R.; CHARTIER, M.; ALLIRAND, J.M.; LEMAIRE, G. Maximum dry matter production and solar radiation intercepted by a canopy. **Agronomie**, Paris, n.6, p.47-56, 1986.

GOUDRIAAN, J.; LAAR, H.H. van. **Modelling potential crop growth processes**: The textbook with exercises. Dordrecht: Kluwer, 1994. 239p.

HERNANI, L.C.; SALTON, J.C. Milho: informações técnicas. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Manejo e conservação de solos**. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1997. p.39-67. (Circular Técnica, 5).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 12 out. 2006.

JONES, C.A. **C₄ grasses and cereals: growth, development, and stress response.** New York: Wiley, 1985. 419p.

JONG, S.K.; BREWBAKER, J.L.; LEE, C.H. Effects of solar radiation on the performance of maize in 41 successive monthly plantings in Hawaii. **Crop Science**, Madison, n.22, p.13-18, 1982.

LAUER, J. Should I be planting corn at a 30-inch row spacing? **Wisconsin Crop Manager**, Madison, v.1, n.6, p.6-8, 1994.

LIETH, J.H.; REYNOLDS, J.F. A model of canopy irradiance in relation to changing leaf-area in a phytotron-grown snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. **International Journal of Biometeorology**, Berlin, v.28, n.1, p.61-71, 1984.

LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems.** Cambridge: Cambridge University, 1992. 550p.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and morphology in crop stands: patterns with leaves. In: EASTIN, J.O.; HASKINS, Z.A.; SULLIVAN, O.G.; VAN BASVEL, C.H.M. (Ed.). **Physiological aspects of crop yields.** Madison: American Society of Agronomy, 1969. p.27-47.

MOCK, J.J.; PEARCE, R.B. An ideotype of maize. **Euphytica**, Wageningen, n.24, p.613-623, 1975.

MONTHEITH, J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, London, v.B281, p.277-294, 1977.

MUCHOW, R.C. Effects of leaf nitrogen and water regime on the photosynthetic capacity of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) under field conditions. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, n.41, p.845-852, 1990.

MUCHOW, R.C.; DAVIS, R. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II. Radiation interception and biomass accumulation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.18, p.17-30, 1988.

MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize sorghum. **Crop Science**, Madison, v.34, p.721-727, 1994.

MUNDSTOCK, C.M. Milho: distribuição da distância entre linhas. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, n.299, p.28-29, 1977.

NOBEL, P.S. **Physicochemical and environmental plant physiology.** San Diego: Academic Press, 1991. 540p.

NOBEL, P.S.; FOESETH, I.N.; LONG, S.P. Canopy structure and light interception. In: HALL, D.O.; SCURLOCK, J.M.O.; BOLHÀR-NORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P.

(Ed.). **Photosynthesis and production in a changing environment**: a field and laboratory manual. London: Chapman & Hall, 1993. p.79-90,

NORMAN, J.M.; CAMPBELL, G.S. Interfacing leaf and canopy light interception models. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. (Ed.). **Plant Physiological ecology**. Field methods and instrumentation. New York: Chapman and Hall, 1989. p.301-325.

PEARCE, R.B.; BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Photosynthesis in plant communities as influenced by leaf angle. **Crop Science**, Amsterdam, n.7, p.321-324, 1967.

PEREIRA, P.A.A.; BALDANI, J.I.; BLAÑA, R.A.G.; NEYRA, C.A. Assimilação e translocação de nitrogênio em relação à produção de grãos e proteínas em milho (*Zea mays* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.5, p.28-31, 1981.

PONS, T.L.; SCHIEVING, F.; HIROSE, T.; WERGER, M.J.A. **Optimization of leaf nitrogen allocation for canopy photosynthesis in *Lysimachia vulgaris***. In: Lambers, H.; Cambridge, M.L.; Konings, H.; Pons, T.L. (Ed.) *Causes and Consequences of Variation in Growth Rate and Productivity of Higher Plants*. The Hague: SPB Academic Publishing, 1989. p.175-186.

PORTER, P.M.; HICKS, D.R.; LUESCHEN, W.E.; FORD, 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.

NUNES NETO, A.G.; MOREIRA, S. **Redução de espaçamento entre linhas no milho**. 2005. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <<http://www.rehagro.com.br/siterehagro/publicacao.do?cdnoticia=1488>>. Acesso em: 8 jan.2009.

ROSS, J. **The radiation regime and architecture of plant stands**. Boston: W. Junk, 1981. 391p.

SANDS, P.J. Modelling canopy production. III - Canopy light utilization efficiency and its sensitivity to physiological and environmental variables. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, n.23, p.103-114, 1996.

SANGOI, L. **An ideotype of maize for conditions of high temperature and low moisture**. 1996. 350p. (Ph.D. Dissertation) - Iowa State University, Ames, IA, 1996.

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 at high plant densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.33, p.297-306, 1998.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F. da. **Densidade e arranjo populacional em milho**. 2006. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm>. Acesso em: 8 jan.2009.

- SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Arranjo espacial de plantas de milho: como otimizá-lo para maximizar o rendimento de grãos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá, MT. **Anais..** Cuiabá: EMBRAPA-CNPMS, 2004. 1 CD- ROM.
- SANGOI, L.; GRACIETTI, M.A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHETTI, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.79, p.39-51, 2002.
- SANGOI, L.; ENDER, M; GUIDOLIN, A.F.; ALMEIDA, M.L.; HEBERLE, P.C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.861-869, 2001.
- SINCLAIR, T.R. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation. **Crop Science**, Amsterdam, v.38, n.2, p.638-643, 1998.
- SINCLAIR, T.R.; HORIE, T. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A review. **Crop Science**, Amsterdam, v.29, p.90-98, 1989.
- SINCLAIR, T.R.; MUCHOW, R.C. Radiation use efficiency. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.65, p.215-265, 1999.
- SINCLAIR, T.R.; BENETT, J.M.; BOOTE, K.J. Nitrogen content, photosynthesis and radiation use efficiency in peanut, **Peanut Science**, Virginia, n.20, p.40-43, 1993.
- SIVAKUMAR, M.V.K.; VIRMANI, S.M. Crop productivity in relation to interception of photosynthetically active radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, n.31, p.131-141, 1984.
- THIAGARAJAH, M.R.; HUNT, L.A.; MAHON, J.D. Effects of position and age on leaf photosynthesis in corn (*Zea mays*). **Canadian journal Botany**, Ottawa, v.59, p.28-33, 1981.
- TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, Bergamo, n.37, p.305-311, 1997.
- TOLLENAAR, M.; AGUILHERA, A. Radiation on use efficiency of an old and new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.3, p.536-541, 1992.
- TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, n.39, p.1597-1604, 1999.
- VAN KEULEN, H.; GOUDRIAAN, J.; SELIGMAN, N.G. Modelling the effects of nitrogen on canopy development and crop growth. In: RUSSEL, G. (Ed.). **Plant canopies and their growth, form and function**, Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p.83-104.
- VILARINHO, A.A. Densidade e espaçamento como fatores de produtividade na cultura do milho. **Agroonline.com.br**, 2005. Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=237>>. Acesso em: 8 jan. 2009.

WERGER, M.J.A.; HIROSE, T. Leaf nitrogen distribution and whole canopy photosynthetic gain in herbaceous stands. **Vegetatio**, The Hague, n.97, p.11-20, 1991.

WRIGHT, G.C.; HAMMER, G.L. Distribution of nitrogen content and minimum temperature interactions affect radiation use efficiency in peanut canopies. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.45, p.565-574, 1994.

WRIGHT, G.C.; BELL, M.J.; HAMMER, G.L. Leaf nitrogen content and minimum temperature interactions affect radiation use efficiency in peanut. **Crop Science**, Madison, v.33, p.476-481, 1993.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabela 5 - Análise química do solo em dois locais da área experimental. Escola Agrotécnica Federal de Concórdia. Concórdia, SC. 2006

Determinação	Amostra 1	Amostra 2
Teor de argila	57,0%	65,0%
pH	5,8	5,3
Índice SMP	6,0	6,0
Teor de fósforo	42,3 ppm	11,2 ppm
Teor de potássio	201 ppm	94 ppm
Matéria orgânica	3,3% (m/v)	3,40% (m/v)
Teor de alumínio	0,0 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$	0,00 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$
Teor de cálcio	8,7 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$	5,20 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$
Teor de magnésio	3,9 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$	2,40 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$
Teor de sódio	11,0 ppm	6,0 ppm
Teor de H + Al	4,4 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$	4,4 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$
pH em CaCl_2	5,1	4,9
Soma de bases (S)	13,2 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$	7,9 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$
CTC	17,5 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$	12,2 $\text{cmol}_c.\text{L}^{-1}$
Saturação de bases	75,1%	64,4%

ANEXO 2

Tabela 6 - Produtividade (P, kg.ha⁻¹) de grãos, com 13% de umidade, referente aos diferentes tratamentos (EEL: espaçamento entre linhas de plantas, m; PP: população de plantas, plantas.ha⁻¹; DS: distribuição de sementes, sementes.m⁻¹) e manejos de adubação (AT: adubação com o fertilizante 9:33:12 em kg.ha⁻¹ e NAT: nitrato de amônio em kg.ha⁻¹) realizados a campo, para as 27 parcelas nos espaçamentos de 0,45 m; 0,60 m; 0,80 m

Tratamento	EEL	PP	DS	AT	NAT	P	
						R ₁	R ₂
T ₁	0,45	80.000	3,6	0	400	11351	11317
T ₂	0,45	70.000	3,1	0	400	10872	10839
T ₃	0,45	60.000	2,7	0	400	10418	10386
T ₄	0,45	80.000	3,6	400	500	13872	13830
T ₅	0,45	70.000	3,1	400	500	14334	14291
T ₆	0,45	60.000	2,7	400	500	15547	15500
T ₇	0,45	80.000	3,6	500	500	16287	16238
T ₈	0,45	70.000	3,1	500	500	15855	15807
T ₉	0,45	60.000	2,7	500	500	13817	13876
T ₁₀	0,60	80.000	4,8	0	400	9071	9044
T ₁₁	0,60	70.000	4,2	0	400	8963	8935
T ₁₂	0,60	60.000	3,6	0	400	9035	9008
T ₁₃	0,60	80.000	4,8	400	500	13205	13165
T ₁₄	0,60	70.000	4,2	400	500	13590	13549
T ₁₅	0,60	60.000	3,6	400	500	12656	12618
T ₁₆	0,60	80.000	4,8	500	500	14182	14140
T ₁₇	0,60	70.000	4,2	500	500	14007	13965
T ₁₈	0,60	60.000	3,6	500	500	13544	13503
T ₁₉	0,80	80.000	6,4	0	400	6762	6742
T ₂₀	0,80	70.000	5,6	0	400	7901	7877
T ₂₁	0,80	60.000	4,8	0	400	7327	7305
T ₂₂	0,80	80.000	6,4	400	500	10578	10546
T ₂₃	0,80	70.000	5,6	400	500	9285	9257
T ₂₄	0,80	60.000	4,8	400	500	10963	10930
T ₂₅	0,80	80.000	6,4	500	500	10344	10312
T ₂₆	0,80	70.000	5,6	500	500	10976	10943
T ₂₇	0,80	60.000	4,8	500	500	9949	9919

ANEXO 3

Tabela 7 - Análise de variância referente à produtividade de grãos de milho

Fonte de variação	Graus de liberdade	SQ	QM	Valor F	Nível de significância
Tratamento	26	382290318,0	14703473,8	64582,9	<0,0001
Bloco	1	8791,1	8791,1	38,61	<0,0001
Erro	25	5919,4	227,7		
Total (corrigido)	53	382305028,5			