

UNIOESTE  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO

MARCIO LEANDRO GONÇALVES

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE  
ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES POPULACIONAIS EM TRÊS LOCAIS**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR  
NOVEMBRO/2008

**MARCIO LEANDRO GONÇALVES**

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE  
ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES POPULACIONAIS EM TRÊS LOCAIS**

Projeto apresentado à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível Mestrado, para obtenção do título de mestre.

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. MARIA DO CARMO LANA

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

NOVEMBRO/2008

Aos meus pais,  
Jair e Ana,  
a minha irmã Márcia,  
ofereço.

A todos que me apoiaram e me incentivaram.  
DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida.

A professora Dr<sup>a</sup>. Maria do Carmo Lana, pela orientação, ensinamentos, amizade e confiança.

Ao Engenheiro Agrônomo Milton Locatelli, que me apoiou e permitiu a realização do curso de mestrado.

A Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE pela oportunidade.

A Agroeste Sementes S.A pela possibilidade de realização deste trabalho e constante apoio à qualificação profissional de seus funcionários.

A todos os colegas da Agroeste Sementes S.A. que de uma forma ou de outra contribuíram para realização do mestrado.

A todos meus amigos, colegas de sala de aula.

Aos produtores que cederam áreas para realização do trabalho: Irineo Seidel, Mauricio Agulhó e Romão Gurgacz.

E principalmente aos meus pais, pelo amor, pela educação, pelos sacrifícios que nunca mediram esforços por mim e por sempre me apoiarem em tudo. Muito obrigado.

## DESEMPENHO AGRONÔMICO DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DE ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES POPULACIONAIS EM TRÊS LOCAIS

Autor : Marcio Leandro Gonçalves

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Lana

### RESUMO

Com objetivo de avaliar o efeito do espaçamento entre linhas de plantio (0,45; 0,68 e 0,90 m), sob quatro densidades populacionais (50.000, 60.000, 70.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>), sobre a produtividade de grãos de três híbridos de milho (*Zea mays* L.) em três ambientes com diferentes altitudes, foram conduzidos experimentos de campo nos municípios de Goioerê, Toledo e Cascavel, ambos no estado do Paraná na região oeste no período de 10 de setembro de 2007 a 10 de abril de 2008. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso dispostos em parcelas subdivididas. Os espaçamentos foram alocados na parcela principal e as densidades populacionais e híbridos nas subparcelas no esquema fatorial. Foram avaliadas as variáveis biométricas: altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo e os componentes da produção: número de fileiras, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, massa de espiga e produtividade. Houve efeito do espaçamento entre linhas, obtendo o máximo rendimento de grãos com o espaçamento de 0,57 m entre linhas, independente do local. Houve interação positiva entre ambientes ao efeito de população de plantas. A resposta positiva ao aumento de população de plantas de Toledo foi diretamente relacionado ao nível de fertilidade do solo. Em Goioerê e Cascavel não houve diferença significativa ao aumento de densidade populacional de 50.000 a 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Em todos os locais o híbrido AS 1570 apresentou produtividade superior aos híbridos AS 1565 e AS 1575.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, arranjo espacial, população de plantas.

## AGRONOMIC PERFORMANCE OF MAIZE HYBRIDS ACCORDING SPACE AND POPULATION DENSITIES IN THREE LOCATIONS

Author: Marcio leandro Gonçalves.

Adviser: Doctorated teacher Maria do Lana.

### SUMMARY

A study was conducted with the objective to evaluate the effect of spacing between the plantation rows (0.45, 0.68 and 0.90 m) on plants population density of (50.000, 60.000, 70.000 and 80.000 plants ha<sup>-1</sup>) about the grain productivity of three hibrid corn (*Zea mays* L.) A field experiment was conducted from September 10 to April 10/2008 in three different environments with different height, in Goioerê, Toledo and Cascavel localized in the west of Parana State. The design utilized was of randomized blocks into subdivided parcels. The spacing were placed in the main parcel and the population density and hybrids in sub parcels in a factorial schema. Biometric variables such as plant height, height of insertion of the first spike and diameter of stem and the components of production, number of rows, number of grains per spike, mass of grains per spike, the mass spike and productivity, were evaluated. Was no effect of row spacing, obtaining the maximum grain yield with the spacing of 0.57 m between rows, regardless of location. There was positive interaction between the environmental effect of plant population. The positive response to the increase of population in the Toledo plant was directly related to the level of soil fertility. In Cascavel Goioerê and no significant difference to the increase in population from 50,000 to 80,000 plants ha<sup>-1</sup>. In all locations the hybrid AS 1570 showed higher productivity of hybrid AS 1565 and AS 1575.

**Key words:** *Zea mays*, row spacing, plant population.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>5</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 ASPECTOS GERAIS DO MILHO. ....	14
2.2 MELHORAMENTO DA CULTURA DO MILHO.....	15
2.3 DENSIDADE POPULACIONAL.....	19
2.4 ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS E MANEJO DA CULTURA .....	20
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	23
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS HÍBRIDOS. ....	24
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	26
3.4 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO E CONDUÇÃO.....	27
3.5 AVALIAÇÕES E COLETAS DE DADOS .....	30
3.5.1 VARIÁVEIS AGRONÔMICAS.....	30
3.5.2 COMPONENTES DA PRODUÇÃO .....	30
3.6 ANÁLISE DOS DADOS .....	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>

<b>4.1 RESULTADOS DAS VARIÁVEIS BIOMÉTRICA E COMPONENTES DA PRODUÇÃO.....</b>	<b>32</b>
4.1.1 ESPAÇAMENTOS .....	32
4.1.2 POPULAÇÃO DE PLANTAS .....	39
4.1.3 HÍBRIDOS E LOCAIS .....	47
<b><u>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</u></b>	<b><u>51</u></b>
<b><u>6 CONCLUSÕES .....</u></b>	<b><u>52</u></b>
<b><u>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b><u>53</u></b>
<b><u>8.0 APÊNDICE.....</u></b>	<b><u>61</u></b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação pluvial (mm), no período de 01/09/2007 a 30/04/2008. ....	24
Figura 2 - Croqui da área experimental, com a distribuição dos tratamentos envolvendo fatorial híbrido e densidade populacional nas subparcelas e espaçamento nas parcelas .....	28
Figura 3 – Altura de planta, em resposta ao espaçamento entre linhas, na cultura do milho .....	34
Figura 4 – Altura de inserção de espigas, em resposta ao espaçamento entre linhas, da cultura do milho.....	34
Figura 5 – Diâmetro de colmo, em função do espaçamento entre linhas da cultura do milho....	36
Figura 6 – Massa de espiga para a interação entre locais e espaçamento entre linhas de plantio da cultura do milho.....	37
Figura 7 – Produção de grãos de milho na média de três híbridos e quatro níveis de população de plantas, em função de diferentes espaçamentos na cultura do milho .....	38
Figura 8 – Diâmetro de colmo de plantas de milho em função da população de plantas.....	42
Figura 9 – Média do número de fileiras de grãos por espigas em função da população de plantas de milho .....	42
Figura 10 – Número de grãos por espiga, em função do aumento na população de plantas ha <sup>-1</sup> , na cultura do milho.....	43
Figura 11 – Valores médios obtidos de massa de 1000 grãos, em função de aumento de população de plantas.....	44
Figura 12 – Avaliação da massa de espiga por planta, em resposta do aumento de população de plantas.....	45
Figura 13 – Interação de diferentes ambientes sob comportamento de produção de grãos de milho, com aumento de população de plantas .....	47

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Análises química e granulométrica do Latossolo Vermelho eutrófico de cada local. .... 25
- Tabela 2. Característica dos híbridos de milho utilizados nos experimentos..... 26
- Tabela 3. Quadro de tratamentos ..... 27
- Tabela 4. Resumo da análise de variância com valores de F calculado para fontes de variação e sua interação, efeitos de regressão para espaçamentos, médias de formas de arranjo, para os caracteres morfológicos altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), número de fileiras (NF), número de grãos por espiga (GE) e produtividade (P) em milho cultivado na safra 2007-2008 no Oeste do Paraná..... 33
- Tabela 5. Resumo da análise de variância, para o desdobramento da interação local (L) versus espaçamentos (E) e análise de regressão para massa de espiga ..... 36
- Tabela 6. Resumo da análise de variância com valores de F calculado para fontes de variação e interações, efeitos de regressão para população, médias para população de plantas para as variáveis biométrica altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), Número de fileiras (NF), número de grãos por espiga (GR) e produtividade (P) em milho cultivado na safra 2007-2008 no Oeste do Paraná..... 41
- Tabela 7. Resumo da análise de variância, causas da interação e efeitos de regressão para população de plantas sob efeito de diferentes ambientes ..... 46
- Tabela 8. Resumo da análise de variância com valores de F calculado para causas de variação e sua interação, para três híbridos e três locais e médias de formas de arranjo, para as variáveis biométricas altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), Número de fileiras (NF), número de grãos por espiga (GR) e produtividade (P) em milho cultivado na safra 2007-2008 no Oeste do Paraná..... 49
- Tabela 9. Interações de diâmetro de colmo e produtividade de milho, cultivados em diferentes locais ..... 50

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de aproximadamente 51 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 14 milhões de hectares (CONAB, 2007), referente a duas safras, normal e safrinha. Por suas características fisiológicas a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida produtividade superior a  $16 \text{ t ha}^{-1}$ , em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente. No entanto, o nível médio nacional de produtividade anual é muito baixo, cerca de  $3.655 \text{ kg ha}^{-1}$  (AGROLINE, 2008).

Demonstrando que manejo cultural do milho deve ser ainda bastante aprimorados para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar. O plantio de uma lavoura deve ser muito bem planejado, pois determina o início de um processo de cerca de 120 dias e que afetará todas as operações envolvidas, além de determinar as possibilidades de sucesso ou insucesso da lavoura.

Entre as práticas e técnicas empregadas para obtenção de maior produção de milho, a escolha da densidade ideal de semeadura e do melhor arranjo de plantas na área estão entre as mais importantes. A população e arranjo de plantas na cultura do milho, são um dos principais fatores que determinam a produtividade. Além do potencial produtivo dos híbridos que tem aumentado significativamente.

A redefinição do arranjo espacial de plantas, pela diminuição do espaçamento entre fileiras e/ou aumento da densidade populacional, pode ser uma excelente oportunidade para que o produtor aumente a sua rentabilidade sem custos adicionais (PEREIRA FILHO & CRUZ., 2008).

A redução do espaçamento entre linhas também pode ser importante no contexto da preocupação crescente atual com a preservação dos recursos naturais, para diminuir os impactos negativos de adoção de algumas práticas de manejo na agricultura. Nesse sentido, a possibilidade de se reduzir a dose de herbicida no

controle de plantas daninhas com redução do espaçamento entre linhas é muito importante, uma vez que seus resíduos podem ser encontrados tanto na superfície do solo como no lençol freático. A redução do espaçamento entre linhas também é benéfica do ponto de vista da conservação do solo e da água, por antecipar o fechamento dos espaços entre as linhas de cultivo. Com pequena quantidade ou na ausência de resíduos da cultura anterior, a cobertura foliar antecipada do solo com uso de menor espaçamento entre linhas auxilia na sua proteção, diminuindo a ocorrência de escoamento superficial e as perdas de solo e da água por erosão (SILVA et al., 2006).

Plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores; contudo, devido à interação, o efeito positivo da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos se manifesta mais claramente quando são utilizadas altas densidades, porém os resultados ainda não são consensuais, já que as condições ambientais e os genótipos variam entre os locais (SANGOI et al., 2003).

De maneira geral, híbridos mais precoces, com menor exigência em soma térmica para florescer, apresentam menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura; portanto, requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal, para atingir seu potencial de rendimento (SANGOI, 2001).

Recentemente, os diferentes arranjos espaciais, tem sido discutidos com maior frequência pela maior ou menor adaptação da cultura ao ambiente decorrente das variações morfológicas e genéticas apresentadas pelos híbridos atuais, como forma de maximizar a produtividade de grãos pela otimização do uso de fatores de produção como água, luz e nutrientes, disponíveis num determinado agroecossistema (PALHARES, 2003).

Os pesquisadores trabalham com genótipos altamente responsivos a densidade populacional. Devido a este fator, verifica-se a necessidade de trabalhar com o manejo da cultura envolvendo a fertilidade dos solos, arranjo estrutural de plantas, ou seja, densidade populacional e espaçamento entre linhas, e níveis de adubação. Muito se tem debatido e discutido a respeito da necessidade de buscar híbridos mais adequados ao aumento de população e redução de espaçamento. É preciso lembrar que o milho tem alta interação com o ambiente de plantio. Dessa

forma, ele somente poderá expressar toda a sua performance produtiva se cultivado na região recomendada.

O objetivo na realização deste trabalho foi avaliar o comportamento da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos e densidade populacional, bem como a resposta dos híbridos em diferentes ambientes de altitude, para obtenção de posicionamento sob diversos arranjos e densidade populacional.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos Gerais do Milho.

Milhões de espécies já foram identificadas e, dentre elas, os cereais são as mais importantes para satisfazer os requerimentos de alimentação e outras necessidades dos seres humanos (SILVA et al., 2006).

O milho é cultivado em todos os Estados do Brasil e em quase todas as propriedades agrícolas, tanto na agricultura familiar quanto na de exportação e está presente em toda cadeia produtiva animal. É uma cultura de grande e diversificada utilização na sociedade moderna e um dos produtos agrícolas de mais ampla distribuição mundial, tanto na produção, quanto no consumo. Dentre as espécies originárias das Américas, o milho é, certamente, o de maior importância econômica e social em nível mundial. Em termos de área semeada e de produção de grãos, é o segundo cereal de maior importância no Brasil, sendo que, apenas nos últimos anos, perdeu a primeira colocação para a cultura da soja (AGROLINE, 2008).

A cultura do milho ocupou, em 2008, uma área de 14,3 milhões de hectares, com produção de 58,2 milhões de toneladas de grãos, proporcionando um rendimento médio aproximado de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> segundo a CONAB (2008).

O rendimento médio de grãos obtido com a cultura do milho no Brasil é considerado baixo, quando comparado ao de outros países produtores. Esta baixa produtividade está relacionada a várias causas dentre as quais se destacam os fatores de fertilidade do solo, densidade, e arranjo das plantas (RIZZARDI et al., 1994).

A rotação e a sucessão de culturas são os pontos fundamentais do sistema de produção de grãos com plantio direto na palha. A adoção deste sistema propiciou a elevação dos rendimentos de grãos que, pela primeira vez, ultrapassaram 10 t ha<sup>-1</sup>, em grande número de lavouras (MUNDSTOCK, 2006).

Dentre os fatores que afetam a produtividade na cultura do milho está a densidade de plantio, que pode ser definida como o número de plantas por unidade de área. A densidade recomendada para as cultivares modernas varia de 40 mil a 70 mil plantas por hectare, com espaçamento entre linhas de 0,80 m a 1,00 m, podendo chegar a 80 mil plantas por hectare em espaçamentos reduzidos (0,45 a 0,50 m). O uso de espaçamento reduzido e maior densidade de plantas na cultura do milho já vêm sendo estudado há muito tempo, porém apenas recentemente vem sendo adotada de forma mais ampla pelos agricultores (AGROLINE, 2008).

O milho é uma das espécies cujo desempenho é altamente influenciado pelas variações do ambiente, o que pode resultar em uma média de rendimento baixa e instabilidade, de região para região, de mês para mês e de ano para ano de plantio. Portanto, uma criteriosa análise da estabilidade do comportamento dos híbridos frente às flutuações ambientais é recomendável, buscando identificar aquelas específicas para determinados ambientes e aquelas que se comportam razoavelmente bem em diversos ambientes.

A essa resposta diferenciada das cultivares com a variação do ambiente denomina-se interação genótipo e ambiente. Isso significa que os efeitos genéticos e ambientais não são independentes, uma vez que as respostas fenotípicas dos genótipos podem diferir com as variações ambientais. Para se constatar a presença e também estimar a magnitude da interação, é necessário avaliar os genótipos em vários ambientes. Contudo, é possível reduzir os custos e o tempo de experimentação, simulando variações ambientais, por meio de níveis de fertilizantes e épocas de semeadura, além de outros fatores que podem ser controlados (RIBEIRO et al., 2000).

## **2.2 Melhoramento da Cultura do Milho**

Os conceitos de estabilidade e adaptabilidade e a maneira de quantificá-las têm sido objetos de muita controvérsia entre melhoristas. Esse conceito pode ser

definido de várias maneiras dependendo do ponto de vista do cientista em relação ao problema.

Lerner (1954) definiu homeostase como a capacidade de um genótipo ajustar-se ao ambiente, como um mecanismo de auto-regulação, podendo, nesse nível, ser abordada como homeostase genética. Para Lewis (1954), a estabilidade genética relaciona-se com a capacidade das populações, ou dos indivíduos, de produzirem um número limitado de fenótipos sob diferentes condições de ambiente. Simmonds (1962) definiu adaptabilidade como o potencial genético de variação inerente ao genótipo e que lhe confere a capacidade de originar novos genótipos ou populações adaptadas a diferentes ambientes.

Alguns trabalhos têm procurado relacionar a estabilidade de rendimento com a base genética das diferentes cultivares. Existe uma tendência de híbridos de base genética mais larga apresentarem maior estabilidade que as de base genética estreita, devido ao grande número de genótipos que as constituem (RUSCHEL, 1968; LEMOS, 1976).

Por outro lado, também são relatados resultados indicando melhor estabilidade de genótipos de base genética estreita, sendo justificados pela heterozigose da maioria de seus locos, tendo, então, maior eficiência em aproveitar a melhoria do ambiente, em relação àqueles que possuem sua constituição genética oriunda da mistura de genótipos (RUSCHEL e PENTEADO, 1970; COSTA, 1976). Nesse caso, sobressaem-se os híbridos simples, com maior eficiência para desenvolvimento de tal capacidade. Na literatura recente também encontram-se trabalhos nos quais as cultivares apresentaram o mesmo comportamento em relação à estabilidade, independentemente de serem híbridos simples, híbridos duplos, híbridos triplos ou variedades (CARVALHO et al., 2002a; CARVALHO et al., 2002b).

Segundo Mundstock (2007), o potencial genético de uma dada cultivar de milho é fundamental para a obtenção de altos rendimentos de grãos, conjuntamente com a melhoria do ambiente e das condições de manejo da cultura. Os recursos genéticos do milho à disposição do agricultor variaram muito ao longo das últimas décadas, devido, principalmente a substituição de populações crioulas por populações melhoradas nas décadas de 1930 a 1950, adoção nas lavouras de híbridos duplos, nas décadas de 1950 e 1960 e uso de híbridos simples e triplos, de alta produtividade, a partir da década de 1990. Este mesmo autor apresenta



algumas características de planta que determinaram o aumento do rendimento de grãos em cada uma destas três etapas:

Introdução de populações melhoradas - O início do século XX foi marcado por forte intercâmbio de material genético entre pesquisadores. O Brasil, na época, também introduziu cultivares de outros países, especialmente dos Estados Unidos, que formaram a base de desenvolvimento de populações mais produtivas que as antigas populações crioulas. Este intercâmbio genético incrementou o rendimento de grãos, devido à melhoria das características morfo-fisiológicas da planta. A principal delas foi a maior uniformidade entre plantas, especialmente em estatura, altura de inserção e tamanho de espiga. Estas populações toleravam densidades de plantas um pouco mais altas que as anteriores, o que elevou o rendimento de grãos.

Híbridos duplos - Na década de 1950 ocorreu uma das maiores revoluções no melhoramento genético, pela introdução comercial de híbridos duplos de milho. As principais características dos híbridos duplos que determinavam altos rendimentos foram tolerância à maior densidade de plantas e maior uniformidade entre plantas, no tamanho de espiga, estatura de planta e altura de inserção de espiga. Os aumentos no número de grãos por espiga (espigas maiores) e na densidade de plantas foram os principais fatores responsáveis pelo incremento do potencial de rendimento de grãos, verificado com a introdução de híbridos duplos. Muitos híbridos duplos ainda estão sendo comercializados e seu uso é a melhor opção para a obtenção de rendimentos e retorno econômico elevados, em casos específicos de manejo.

Híbridos simples e Triplo - Introduzidos na segunda metade da década de 1990. Os primeiros híbridos simples, introduzidos no final da década de 1980, não apresentavam maiores vantagens sobre os bons híbridos duplos então disponíveis. A mudança na visão estratégica das empresas ao introduzirem híbridos simples adaptados às condições de ambiente, especialmente aos tipos de solo, aos estresses de água e de temperatura, responsivos à adubação química e a altas densidades de plantas, possibilitou a obtenção de rendimentos de grãos acima de  $10 \text{ t ha}^{-1}$ , em cultivo comercial.

A evolução da melhoria genética evidencia que, potencialmente, houve ganho genético com o passar do tempo, e esse ganho é expresso mesmo em condições de baixo nível de manejo, contrariando um conceito generalizado de que, sob condições de estresse, as populações abertas seriam mais indicadas que os

híbridos. Esta mudança na conceituação se deve fundamentalmente à incorporação aos híbridos de características de maior eficiência no uso dos fatores do meio, na transformação de sua massa seca em grãos e na maior tolerância a estresses ambientais.

Os fatores básicos de produtividade são a utilização máxima da radiação solar, combinada com temperatura e disponibilidade hídrica adequadas. Para isso, é necessária a adoção de altas densidades de plantas para obter área foliar adequada para captar rapidamente a radiação incidente e mantê-la por longo período após o espigamento. A interceptação da radiação fotossinteticamente ativa pelas culturas exerce grande influência na produtividade do milho quando outros fatores ambientais são favoráveis (OTTMAM; WELCH, 1989). Além da elevação da densidade de plantas, outra forma de aumentar a interceptação da radiação é por meio da redução do espaçamento entre linhas.

Menores espaçamentos entre linhas permitem melhor distribuição espacial das plantas de milho, aumentando a eficiência da interceptação da luz, resultando muitas vezes em um incremento de rendimento. Outro efeito da redução do espaçamento entre linhas de milho relaciona-se a qualidade de luz recebida pelas plantas. Esta variação na qualidade de luz recebida determina algumas modificações no desenvolvimento da planta como: maior alongação do colmo, folhas mais compridas e finas e elevadas perdas de raízes (ARGENTA, 2001a).

Cabe analisar o conceito, em voga, de utilizar cultivares de populações abertas ou híbridos de baixo potencial em lavouras de média ou baixa produtividade de grãos, com a justificativa de que se tratam de materiais "rústicos", com alta tolerância a estresses ambientais. O uso de híbridos simples modernos, de alto potencial, nestas situações, mostra que eles também são mais adaptados e mais tolerantes a estes estresses que as antigas populações. O maior custo de semente destes híbridos pode, na maioria dos casos, ser compensado pelo incremento obtido na produtividade de grãos (MUNDSTOCK, 2007).

O conhecimento dos processos que determinam os aumentos de produção da cultura do milho nas últimas décadas, como resultado principalmente do melhoramento genético e de práticas mais adequadas, pode fornecer bases para novas melhorias.

A relação fonte/dreno estabelecida na fase reprodutiva é um importante fator relacionado com esses processos. Na literatura existem trabalhos 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).

Tollenaar et al. (1994), 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. Além disso a utilização de baixa densidade de semeadura pode resultar 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 (FANCELLI e DOURADO NETO; 2000).

### **2.3 Densidade populacional**

Com o crescimento das áreas cultivadas em várias regiões brasileiras consumidoras de sementes e com a alta tecnologia empregada por alguns agricultores, é preciso assegurar uma recomendação mais eficiente de cultivares, desenvolvendo-se um estudo regional para as cultivares lançadas no mercado, levando em conta a interação genótipo versus ambiente, procurando caracterizá-las quanto à adaptabilidade e estabilidade. Experimentos que investiguem épocas adequadas de plantio e o comportamento de cultivares em face das diferentes condições ambientais assumem caráter primordial para indicação de cultivares (PRADO et al., 2001).

No Paraná, Carneiro e Gerage (1991) recomendaram para cultivares de ciclo normal 55.000 plantas ha<sup>-1</sup> e para cultivares de ciclo precoce 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>, sempre utilizando um espaçamento de 0,90 m entre fileiras. Almeida et al. (2000) sugerem aos agricultores catarinenses do Planalto Serrano, a utilização de populações que variem entre 65.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>, desde que as condições ambientais e varietais sejam boas.

Os híbridos modernos de milho toleram maior densidade de plantas do que os híbridos antigos (TOLLENAAR, 1992). Assim, a tendência tem sido em direção a um estreitamento entre fileiras e aumento da população de plantas.

No Meio Oeste Americano, a recomendação tem variado de 62.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  a 75.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  (STAGGENBORG et al., 1999; COX, 1996; WESTGATE et al., 1997) para a obtenção de maiores produtividades, semelhantes às aquelas observadas no sul do Brasil (SILVA et al., 1999; ALMEIDA et al., 2000), porém, diferentes daquelas ainda recomendadas para Santa Catarina. Em se tratando de espaçamento entre fileiras Argenta et al., (2001b) ao analisarem dois experimentos realizados no RS, observaram clara evidência num dos experimentos, de que os incrementos na produtividade em fileiras mais estreitas estavam mais associados a híbridos de ciclo superprecoce e baixa estatura.

De acordo com Mundstock (2007), altos rendimentos de grãos de milho só podem ser obtidos com o perfeito ajuste do número de plantas por unidade de área. O número ideal de plantas por área é determinado de acordo com a cultivar utilizada, a forma de uso do milho, o nível de fertilidade do solo e de adubação prevista e o risco de falta de água durante o ciclo. Nas melhores condições de ambiente, os atuais híbridos são recomendados com densidade de até 70.000 a 75.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , para obtenção de rendimentos de lavoura entre 12 a 13  $\text{t ha}^{-1}$ . A recomendação de densidade deve ser reduzida em ambientes menos favoráveis, como sob baixa fertilidade de solo ou deficiência hídrica. A densidade de plantas foi aumentando gradualmente nos últimos 50 anos, graças à entrada no mercado de híbridos tolerantes ao estresse imposto pela maior competição entre plantas, mas de forma mais efetiva, nos últimos 10 anos.

Segundo Argenta et al. (2002), além do manejo da população, o arranjo de plantas também pode ser manipulado pela distribuição na linha. Para determinar a população de plantas adequadas por área, alguns aspectos devem ser levados em conta, como o híbrido a ser semeado, a fertilidade do solo e o conseqüente nível de adubação, a época de semeadura, além de dados climáticos e históricos sobre cultivos anteriores na área. Além disso, vale ressaltar que o sistema de manejo do solo pode influenciar diretamente nessa equação, principalmente por interferir na disponibilidade de nutrientes e água para a cultura (FORNASIERI FILHO, 1992).

#### **2.4 Arranjo Espacial de Plantas e Manejo da Cultura**

Em virtude das modificações introduzidas nos genótipos de milho mais recentes, tais como menor estatura da planta e altura de inserção de espiga, menor

esterilidade de plantas, menor duração do subperíodo pendramento-espigamento, plantas com folhas de angulação mais ereta, e elevação do potencial produtivo, torna-se necessário reavaliar as recomendações de práticas de manejo para esta cultura. A escolha do arranjo de plantas adequado é uma das práticas de manejo mais importantes para atingir alto rendimento de grãos de milho, pois afeta diretamente a interceptação de radiação solar, que é um dos principais fatores determinantes da produtividade (ARGENTA, 2001a).

As várias alternativas de combinações de espaçamentos e densidades de plantas podem ser definidas como "arranjo entre plantas", ou seja, é a forma como as plantas estão distribuídas na área, no espaçamento entre linhas e na distribuição das plantas na linha. Teoricamente, o melhor arranjo de plantas é aquele que proporciona uma distribuição mais uniforme das plantas na linha de semeadura, possibilitando melhor utilização da luz, água e nutrientes (RIZZARDI et al., 1994). Sangoi et al. (2001) também afirma que plantas espaçadas equidistantemente umas das outras competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores de produção.

Com a redução do espaçamento entre linhas mantendo a mesma população por área, há maior espaçamento de plantas nas linhas e redução da competição entre plantas por água, luz e nutrientes e melhor aproveitamento dos nutrientes aplicados, portanto, aumenta a necessidade de adubação com nutrientes de maior mobilidade no solo como, nitrogênio e potássio. (DEPARIS et al., 2006).

Aumentos nos níveis de plantas por área provocam um maior sombreamento do solo, diminuindo a evaporação. Por outro lado, esse aumento da população provoca um aumento de área foliar, causando maior transpiração e, portanto, maior consumo de água. Em condições de deficiência hídrica, esse aumento populacional pode causar prejuízos à produção, principalmente se ocorrer no período de florescimento (ARGENTA, 2002).

A redução de espaçamento entre linhas pode ser adequada, devido à arquitetura das plantas dos híbridos modernos, que permitem a semeadura mais adensada, em virtude dos mesmos produzirem menor quantidade de massa, permitindo melhor aproveitamento de luz e água (ARGENTA et al., 2001b).

De acordo com, Fancelli, (2002), a planta de milho é considerada como sendo uma das mais eficientes na conversão de energia radiante e conseqüentemente, na produção de biomassa, visto que uma semente, pesa em média, 260 mg, resulta em um período de tempo próximo de 140 dias cerca de 0,8 a

1,2 kg de biomassa por planta e 180 a 250 g de grãos por planta, multiplicando, aproximadamente, 1.000 vezes o peso da semente que a originou. Apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresses de natureza biótica e abiótica, que aliada a sua pequena plasticidade foliar, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a manifestação de sua capacidade produtiva.

A indicação de arranjo de plantas em milho foi alterada ao longo do tempo na medida em que modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica foram sendo incorporadas na planta pelos programas de melhoramento concomitantemente com as mudanças no manejo da cultura. Os dados de pesquisa evidenciaram que para uma mesma quantidade de recursos do ambiente, o uso de maior número de plantas por área resulta em maior competição intra-específica, sendo a intensidade dessa resposta variável com as características intrínsecas de cada cultivar e com as condições de manejo da cultura (SILVA et al., 2006).

Endres e Teixeira (1997) afirmam que também é importante a distribuição espacial das plantas dentro da linha de cultivo. Falhas de deposição das sementes pelas máquinas de semeadura deixam espaços não preenchidos ou adensam pela queda de múltiplas sementes no mesmo espaço, fazendo aumentar a competição intraplantas, podendo levar à queda de produtividade pelo inadequado uso dos fatores de produção. Para se obter uma população adequada, é recomendável regular cuidadosamente a máquina semeadora. Caso a mesma seja pouco precisa, e em ambientes desfavoráveis, é necessário aumentar a densidade de sementes para até 20% além do desejado, compensando possíveis perdas de sementes por ataque de pragas, microorganismos patogênicos e danos mecânicos causados pela semeadora.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

Os experimentos foram conduzidos nos municípios: Goioerê-PR, com as seguintes coordenadas utm/ups. 24°13'19" S e longitude 52°55'73" O, com altitude média de 450 metros; Toledo-PR com as seguintes coordenadas utm/ups. 24°43'69" S e longitude 53°43'61" O, com altitude média de 505 metros e Cascavel-PR com as seguintes coordenadas utm/ups. 24°59'19" S e longitude 53°20'54" O, com altitude média de 740 metros. O sistema de cultivo foi de semeadura direta na palha, em todas as áreas, com mais de 10 anos de cultivos. O clima que caracteriza a região é do tipo subtropical úmido *Cfa* com chuvas bem distribuídas o ano todo, com a temperatura média variando de 15° a 30° C e pluviosidade de 1.500 mm anuais. Segundo classificação de Köppen.(IAPAR, 1994).

O zoneamento agrícola para a cultura do milho em Goioerê-PR é no período de 11/09 a 10/11, em Toledo-PR no período de 21/08 a 31/10 e em Cascavel-PR no período de 01/09 a 10/11. Sendo que a semeadura no cedo proporciona apresentam maior potencial produtivo.

Os dados de precipitação pluvial coletados no período em que os experimentos estavam a campo referente ao ciclo da cultura estão na Figura 1, em volume acumulado mensal de três locais.

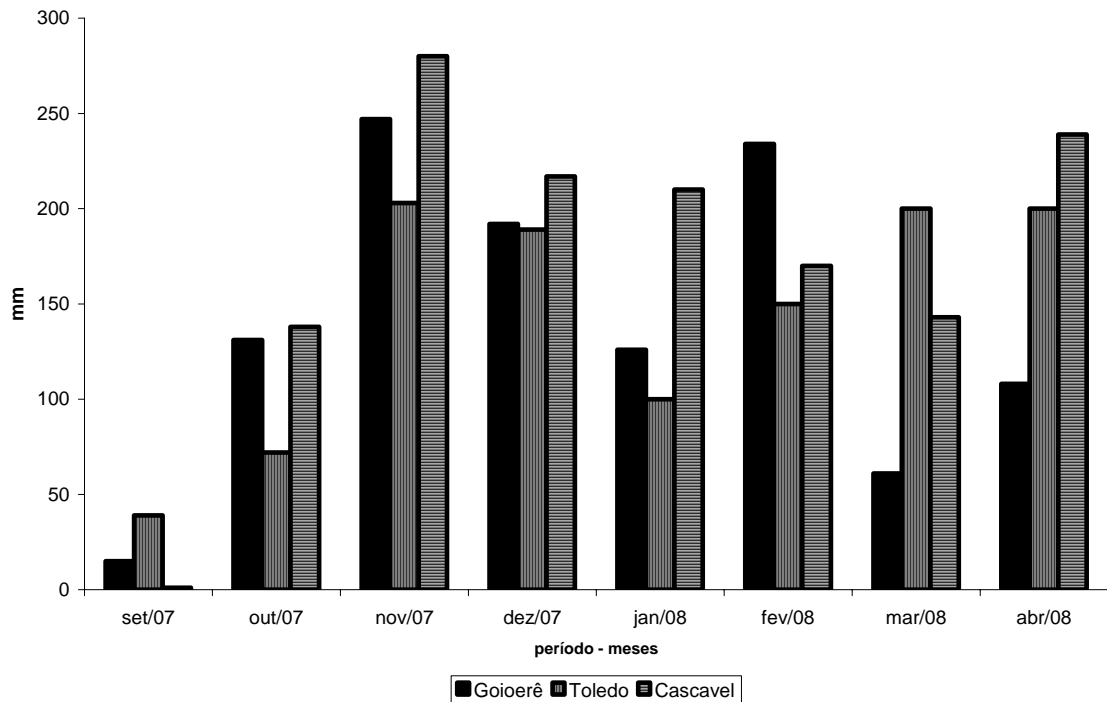


Figura 1. Precipitação pluvial (mm), no período de 01/09/2007 a 30/04/2008.

Os experimentos foram instalados em áreas de Latossolo Vermelho eutroférico – LVef, de textura argilosa e com boa fertilidade. O relevo é suave, sendo predominantemente de terras planas com grande aproveitamento para fins agrícolas (EMBRAPA, 2006).

Antes da instalação dos experimentos foram realizadas amostragens de solo dos três locais para caracterização química e granulométrica (Tabela 1).

### 3.2 Caracterização dos Híbridos.

Foram utilizados híbridos de milho da empresa Agroeste Sementes S.A., classificados como híbridos simples, precoces e de ampla adaptação geográfica (Tabela 2). As plantas apresentam bom arranque inicial e acentuada tolerância as principais doenças na cultura. As espigas são bem empalhadas de ótima qualidade de grãos, são híbridos responsivos a aplicação de tecnologia (AGROESTE, 2007).



Tabela 1. Análises química e granulométrica do Latossolo Vermelho eutroférrico de cada local

Prof	pH	MO <sup>(5)</sup>	Al <sup>(2)</sup>	H+Al	K <sup>(1)</sup>	Ca <sup>(2)</sup>	Mg <sup>(2)</sup>	CTC	P <sup>(1)</sup>	S <sup>(4)</sup>
- cm -	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----			-- mg dm <sup>-3</sup> --	
Goioerê-PR										
0-10	5,20	24,25	0,00	5,76	0,94	7,55	1,75	16,00	17,71	3,78
10-20	5,30	24,15	0,00	5,35	0,84	7,21	1,87	15,27	7,09	3,54
Toledo-PR										
0-10	5,70	27,95	0,00	4,28	0,53	8,77	1,78	15,36	74,36	4,46
10-20	5,50	24,15	0,00	4,61	0,40	6,96	1,41	13,38	44,83	8,10
Cascavel-PR										
0-10	5,30	40,47	0,00	6,69	0,53	7,80	2,33	17,35	4,84	3,24
10-20	5,10	27,15	0,00	7,76	0,37	5,26	1,71	15,10	2,81	1,89
Prof	Fe <sup>(1)</sup>	Mn <sup>(1)</sup>	Cu <sup>(1)</sup>	Zn <sup>(1)</sup>	B <sup>(3)</sup>	V	Areia	Silte	Argila	
cm	----- mg dm <sup>-3</sup> m -----			-----		%	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
Goioerê-PR										
0-10	22,12	93,66	6,70	4,33	0,59	64,00	3,30	21,10	75,60	
10-20	23,30	89,01	6,69	4,82	0,62	64,96	3,80	20,15	76,05	
Toledo-PR										
0-10	32,22	70,93	11,35	57,08	0,35	72,14	10,15	23,70	66,15	
10-20	31,44	68,84	10,62	27,90	0,26	65,55	7,40	20,45	72,15	
Cascavel-PR										
0-10	20,70	22,78	5,92	8,23	0,17	61,44	14,35	25,80	59,85	
10-20	28,00	17,52	8,46	1,57	0,20	48,61	18,35	17,95	63,70	

(<sup>1</sup>) Extrator Mehlich-1; (<sup>2</sup>) Extrator KCl; (<sup>3</sup>) Extrator HCl 0,05 mol.L<sup>-1</sup>; (<sup>4</sup>) Extrator Fosfato de Cálcio; (<sup>5</sup>) Método Walkey-Black.

Tabela 2. Característica dos híbridos de milho utilizados nos experimentos

<b>Características</b>						
<b>agronômicas</b>	<b>AS 1565</b>		<b>AS 1570</b>		<b>AS 1575</b>	
Florescimento masculino	68 dias	GD1: 820	70 dias	GD1: 820	70 dias	GD1: 820
	U.C.		U.C.		U.C.	
Florescimento feminino	70 dias	GD1: 820	72 dias	GD1: 820	73 dias	GD1: 820
	U.C.		U.C.		U.C.	
Altura da planta	214 cm		232 cm		235 cm	
Altura da espiga	108 cm		124 cm		140 cm	
"Estande" final	55-65.000 pl ha <sup>-1</sup>		50-60.000 pl há <sup>-1</sup>		55-60.000 pl ha <sup>-1</sup>	
Comprimento médio das espigas	20 cm		19 cm		20 cm	
Diâmetro médio das espigas	5,0 cm		5,96 cm		5,4 cm	
Número de fileiras de grãos	16-18		18-20		14-16	
Textura dos grãos	Semi duro		Semi duro		Semi duro	
Coloração dos grãos	Avermelhado		Alaranjados		Amarelo Alaranjado	
Empalhamento	Bom		Ótimo		Bom	
Peso de 1000 sementes	400 g		396 g		405 g	
Peso hectolítrico	79,5		76,2		78,6	

Fonte : AGROESTE (2007).

### 3.3 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com 4 repetições, num esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos dispostos na parcela principal são os espaçamentos entre linhas de plantio (0,45; 0,68 e 0,90 m).

Nas subparcelas estão os tratamentos de densidade populacional (50.000, 60.000, 70.000 e 80.000 pl ha<sup>-1</sup>) e híbridos (AS 1565, AS 1570, AS 1575).

Na tabela 3 está o resumo dos tratamentos utilizados nos experimentos.

Tabela 3. Quadro de tratamentos

<b>Parcela principal</b>	
Espaçamentos	
	0,45
	0,68
	0,90
Sub parcelas - Densidade Populacional	
	50.000
	60.000
	70.000
	80.000
Sub parcelas – Híbridos	
	AS 1565
	AS 1570
	AS 1575
Locais	
	Goioerê-PR
	Toledo-PR
	Cascavel-PR

### 3.4 Instalação do Experimento e Condução

No espaçamento de 0,45 m, as parcelas tiveram área total de 25,20 m<sup>2</sup> com 8 linhas de 7 metros de comprimento, com área útil de 9,0 m<sup>2</sup>, sendo colhidas as 4 linhas centrais. Já no espaçamento de 0,68 m, as parcelas tiveram área total de 23,80 m<sup>2</sup> com 5 linhas de 7 metros de comprimento, com área útil de 6,8 m<sup>2</sup>, sendo colhidas as 2 linhas centrais. E no espaçamento de 0,90 m, as parcelas tiveram área total de 25,20 m<sup>2</sup> com 4 linhas de 7 metros de comprimento, com área útil de 9,0 m<sup>2</sup>, sendo colhidas as 2 linhas centrais. Em todas as parcelas foram desprezados 1,0 metro de cada extremidade como bordaduras. Na figura 1 é apresentado o croqui do experimento.

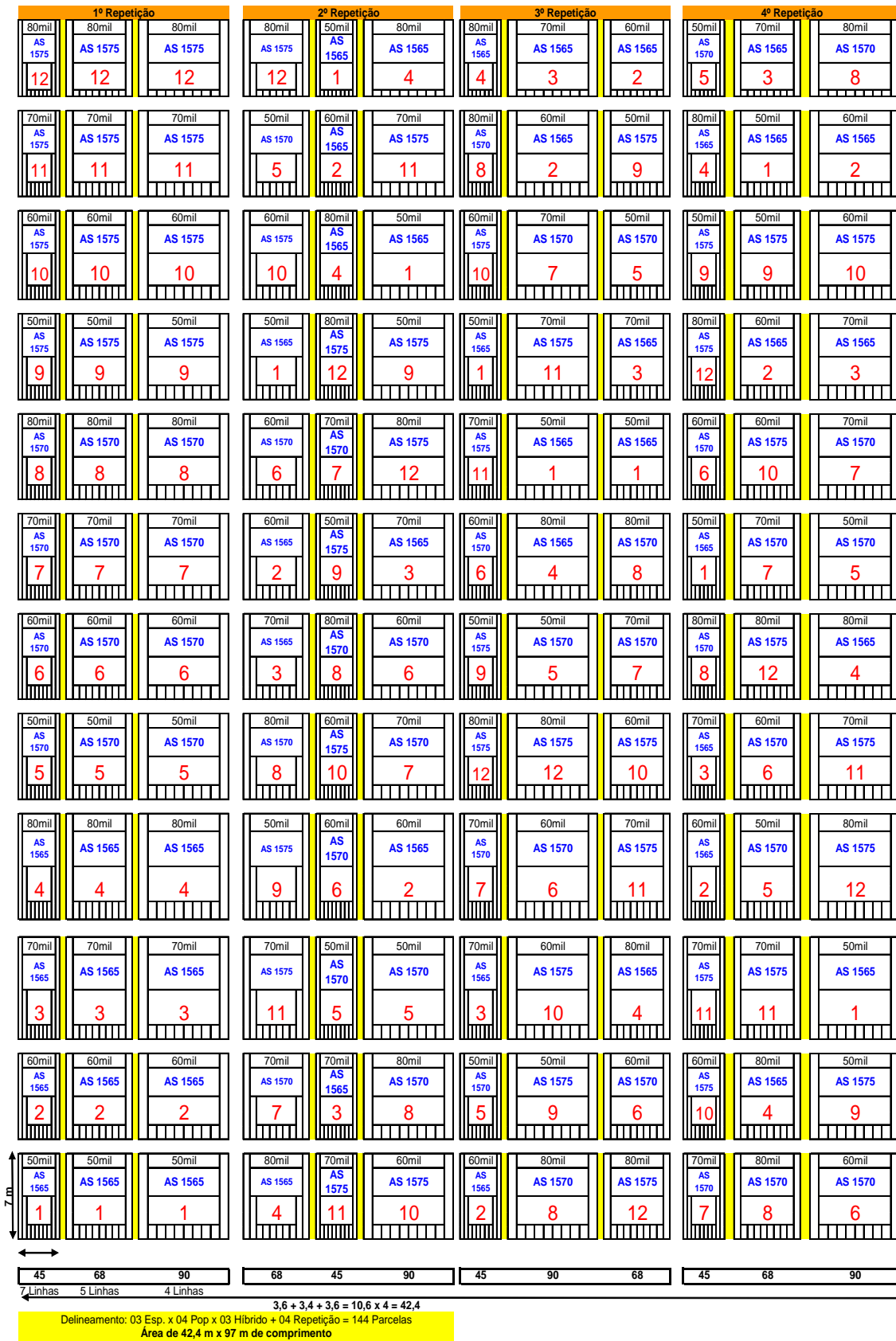


Figura 2 - Croqui da área experimental, com a distribuição dos tratamentos envolvendo fatorial híbrido e densidade populacional nas subparcelas e espaçamento nas parcelas.

Para o preparo da área utilizou-se semeadoras de sistema de plantio direto na palha acoplada ao trator, para abertura dos sulcos de plantio com adubação de base para cada espaçamento utilizando-se três semeadoras. A adubação de reposição para produtividade esperada de  $9 \text{ t ha}^{-1}$ , a adubação de base consistiu em  $32 \text{ kg ha}^{-1}$  de N como sulfato de amônio,  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  como superfosfato simples e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de cloreto de potássio (RAIJ et al., 1996). Fez-se adubação de cobertura na fase de desenvolvimento vegetativo  $V_2$ - $V_3$ , com aplicação  $158 \text{ kg ha}^{-1}$  de N como uréia, produto super N e  $113 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  como cloreto de potássio (RAIJ et al., 1996).

A semeadura do milho em Goioerê-PR foi na data de 04 de outubro 2007, em Toledo-PR 14 de setembro de 2007 e Cascavel-PR na data de 14 de outubro de 2007. Foi utilizado os híbridos de milho AS 1565, AS 1570 e AS 1575, sendo híbridos comercializados na região. A semeadura fez-se com semeadoras manuais com marcadores de espaçamento na linha entre uma cova e outra, para obtenção da densidade populacional desejada colocando duas sementes por covas de plantio. Após a emergência das plântulas na fase vegetativa em estágio de  $V_2$  fez-se o desbaste deixando apenas uma planta por cova.

As sementes foram tratadas após beneficiamento antecedendo o plantio, por processos industriais. Os produtos utilizados foram  $700 \text{ g L}^{-1}$  do ingrediente ativo tiametoxam, pó dispersível para tratamento de sementes, com indicação de uso para pragas de superfície sugadoras, na dosagem de  $60 \text{ g ha}^{-1}$ . Além de  $250 \text{ g L}^{-1}$  do ingrediente ativo fipronil, suspensão concentrada, recomendado para tratamento de sementes, com indicação de uso para pragas de solo mastigadoras, na dosagem de  $50 \text{ mL ha}^{-1}$ .

Durante o ciclo da cultura na fase vegetativa  $V_2$  para o controle de plantas daninhas utilizou o herbicida recomendado para o controle das plantas daninhas de folha larga e estreita, grupo químico triazina, ingrediente ativo atrasina + simasina ( $250 + 250 \text{ g L}^{-1}$ ) na dose de  $7,0 \text{ L ha}^{-1}$  de produto comercial.

Para controle de pragas foram feitas aplicações no início do desenvolvimento das plântulas  $V_1$  utilizando-se do produto do grupo químico dos neonicotinóide + piretróide com ingrediente ativo tiametoxam + lambda-cialotrina, nas concentrações de  $141 + 146 \text{ g L}^{-1}$  indicado para controle de Tripes *Frankliniella williamsi*, percevejo barriga verde *Dichelops melacanthus*, e lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda*, na dose de  $250 \text{ mL ha}^{-1}$ . Na segunda aplicação  $V_3$  utilizou-se

produto do grupo químico do metilcarbamato de oxima, com ingrediente ativo metomil, indicação de uso para lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda*, na dose recomenda de  $0,6 \text{ L ha}^{-1}$ . E na terceira aplicação na fase V<sub>6</sub> utilizou o inseticida fisiológico do grupo químico da benzoiluréia, ingrediente ativo lufenurom, utilizado para controle da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda*, na dose de  $0,3 \text{ L ha}^{-1}$ .

### 3.5 Avaliações e Coletas de Dados

#### 3.5.1 Variáveis agronômicas

No estágio R<sub>5</sub> avaliou as seguintes variáveis biométricas:

Altura de planta – Distância média (m) compreendida entre o nível do solo e a base do pendão. Os dados foram obtidos pela média de 10 plantas escolhidas aleatoriamente na área útil das parcelas, para cada tratamento.

Altura de inserção da primeira espiga – Distância média (m) entre o nível do solo e a inserção da primeira espiga formada no colmo, os dados foram obtidos pela média de 10 plantas escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela, para cada tratamento. Para obtenção destas variáveis utilizou-se uma régua graduada, empregada em levantamentos topográficos.

Diâmetro de colmo – O diâmetro do colmo (mm), determinado pela média de dez plantas amostradas ao acaso em cada parcela, foi medido com auxílio de um paquímetro no terceiro entrenó da planta, contado a partir da superfície do solo.

#### 3.5.2 Componentes da Produção

Na colheita foram avaliados os seguintes componentes da produção:

Massa de 1000 grãos – Foi obtido pelo cálculo da média de quatro sub amostras de 100 grãos tomadas ao acaso dos grãos colhidos para avaliar a produtividade com umidade corrigida para 13% em base úmida. Após multiplicou-se por 10 para obtenção da massa de 1000 grãos.

Massa de grãos por espiga – Determinada por meio da média de 10 espigas tomadas ao acaso entre as espigas colhidas para determinação da produtividade, corrigido-se o teor de umidade para 13% em base úmida.

Número de fileira por espiga – Contagem total do número de fileiras de grãos de 10 espigas sendo, posteriormente, calculado a média.

Número de grãos por espiga – Determinado por meio de média do número de grãos coletados de 10 espigas.

Produtividade e colheita – A colheita do milho foi realizada manualmente, sendo os grãos processados por trilhadeira estacionária, marca nux modelo SDMN 5/10. A avaliação da produtividade de cada área útil das parcelas foi realizada por meio de pesagem em balança semi-analítica, corrigindo-se a umidade para 13% base úmida e posteriormente estimando-se a produtividade em kg ha<sup>-1</sup>.

### **3.6 Análise dos Dados**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão utilizando o programa Genes – versão Windows (CRUZ, 2006), e Sisvar para Windows versão 4.0 (FERREIRA, 2000).

Foram ajustadas equações lineares, quadráticas ou cúbicas significativas até 5 % de probabilidade pelo teste F e que apresentam os maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Para híbridos e locais as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Havendo interação entre híbridos e locais as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultados das variáveis biométrica e componentes da produção

#### 4.1.1 Espaçamentos

Os valores médios das variáveis biométricas e dos componentes de produção de grãos de milho, comparando os espaçamentos entre linhas de plantio 0,45; 0,68 e 0,90; encontram-se na Tabela 4 com os resultados das análises de variância.

Em relação aos componentes de produção massa de 1000 grãos, massa de espiga, número de fileiras por espiga e número de grãos por espiga não houve diferença significativa entre os valores obtidos em relação aos espaçamentos utilizados.

Amaral Filho et al. (2002), trabalhando com diferentes espaçamentos e densidades populacionais encontraram que em relação ao número de grãos por espiga, houve diferença quanto ao espaçamento entre linhas. Os menores espaçamentos resultaram em valores superiores.

Botelho (2006), analisando o peso das 1.000 sementes em diferentes espaçamentos, observou-se que o maior valor ocorreu no espaçamento de 0,50 m com 10,3% a mais do que no espaçamento de 0,80 m entre linhas.

Dourado Neto et al. (2003) observaram que a redução do espaçamento de 0,80 m para 0,40 m, de maneira geral, não influenciou o número de grãos por fileira, em três populações (30.000, 60.000 e 90.000). Enquanto que populações de plantas proporcionaram aumento significativo no número de grãos por fileira para todos os espaçamentos.



Tabela 4. Resumo da análise de variância com valores de F calculado para fontes de variação e sua interação, efeitos de regressão para espaçamentos, médias de formas de arranjo, para os caracteres morfológicos altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), número de fileiras (NF), número de grãos por espiga (GE) e produtividade (P) em milho cultivado na safra 2007-2008 no Oeste do Paraná

Fonte de Variação	AP	AIE	DC	MGr	ME	NF	GE	P
	-- m --	-- m --	- mm -	-- g --	-- g --			- kg ha <sup>-1</sup> -
<b>ESPAÇAMENTO – E</b>								
0,45	2,20	1,21	13,95	354,01	174,95	16,85	630,86	10.642,68
0,68	2,20	1,19	14,44	358,82	180,80	16,86	643,83	10.669,37
0,90	2,15	1,16	13,79	357,58	174,48	16,76	636,68	9.674,75
<b>TESTE F</b>								
ESP	10,91*	11,05*	11,10*	4,25 <sup>ns</sup>	4,33 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	104,73**
<b>MODELO DE REGRESSÃO</b>								
Linear	17,52**	21,91**	1,31 <sup>ns</sup>	4,34 <sup>ns</sup>	0,039 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	152,77**
Quadrático	4,29 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	20,89*	4,16 <sup>ns</sup>	8,62 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>	56,69**
<b>INTERAÇÕES</b>								
E*P	1,18 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	1,89 <sup>ns</sup>
E*H	1,41 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	3,33 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	1,15 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>
E*P*H	0,47 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	2,90 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
L*E	0,68 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	<b>6,12**</b>	1,95 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	1,82 <sup>ns</sup>
L*E*P	1,61 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>
L*E*H	0,83 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>
L*E*P*H	0,82 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>
CV E (%)	4,96	7,18	8,7	4,07	11,49	8,17	10,94	6,43

\* : Significativo em nível de 5% de probabilidade, \*\* : Significativo em nível de 1% de probabilidade, NS: Não significativo, CV: Coeficiente de variação  
E=espaçamento; P=população; H=híbridos; L=locais

Para as variáveis biométricas altura de planta e altura de inserção da primeira espiga, o aumento da altura proporcionou maior incremento no rendimento de grãos cerca de 9,20 % nos espaçamentos de 0,45 e 0,68 m quando comparado com o espaçamento de 0,90 m (Figuras 3 e 4). No espaçamento de 0,90 m as plantas estavam dispostas com uma menor distância entre plantas na linha,

causando assim uma maior competição por luz que tornou mais efetivo os efeitos do aumento da população de plantas no que se refere a altura de planta.

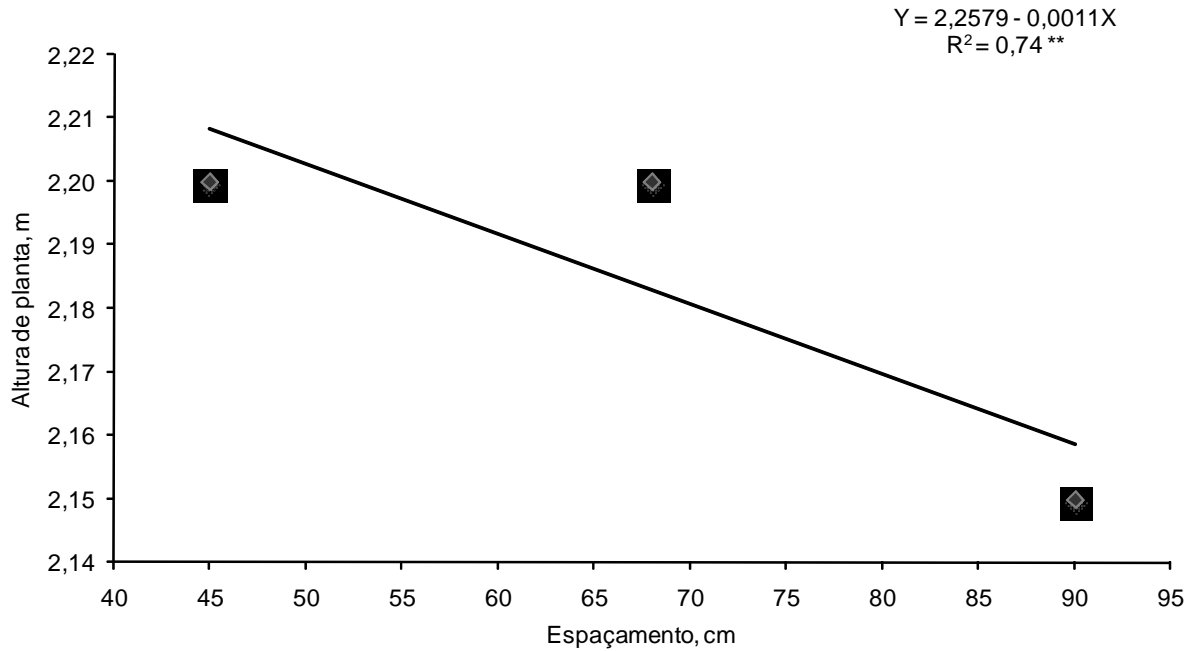


Figura 3 – Altura de planta, em resposta ao espaçamento entre linhas, na cultura do milho

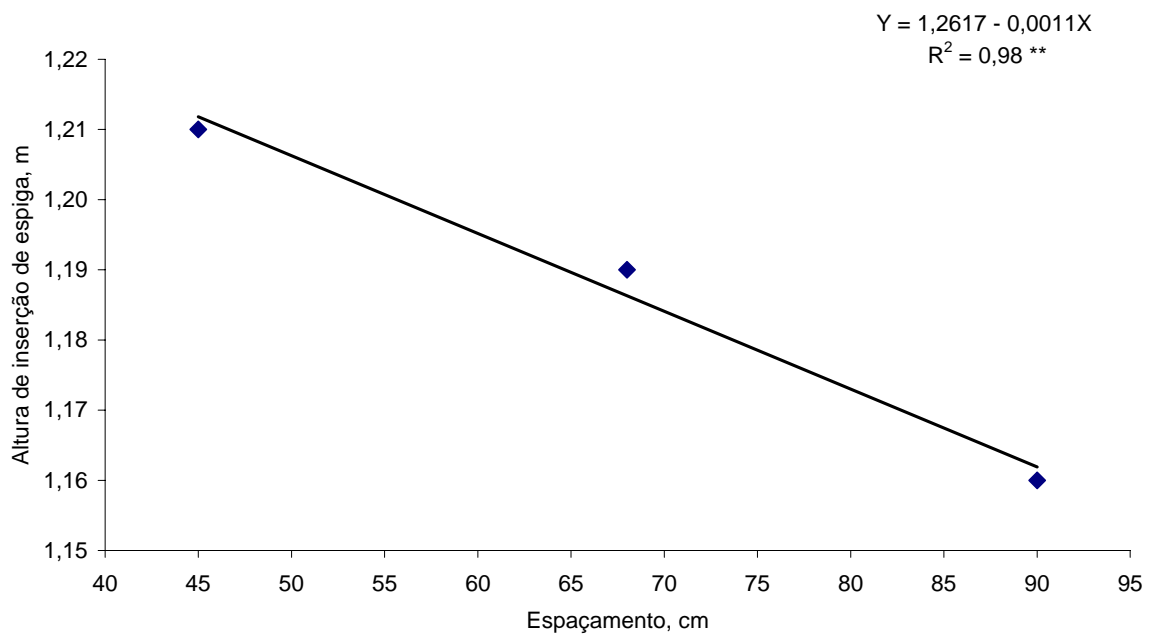


Figura 4 – Altura de inserção de espigas, em resposta ao espaçamento entre linhas, da cultura do milho

Carpes (2006), ao avaliar os efeitos da manipulação no arranjo de plantas em alguns aspectos produtivos do milho, encontrou que o espaçamento de 0,45 m apresentou tendência a uma maior altura de planta que o de 0,90 m. Fageria (1999), utilizando os espaçamentos de 0,45 m e 0,90 m obteve resultados semelhantes. Estes fatos podem estar associados à maior competição entre plantas na linha de plantio.

Para o diâmetro do colmo (Figura 5), houve efeito significativo dos espaçamentos utilizados com diâmetro do colmo máximo de 14,6 cm para o espaçamento de 0,68 m. Com o espaçamento de 0,90 m e de 0,45 m houve redução no diâmetro de colmo, aproximadamente 5% (Figura 5). Este fato pode ser explicado pela melhor interceptação da radiação solar pelo dossel da cultura nos estádios iniciais e anteriores ao florescimento para os menores espaçamentos. Bullock et al. (1988) comprovaram que o modelo de distribuição equidistante entre plantas favoreceu a taxa de crescimento das plantas de milho em estádios iniciais, que é justamente quando há a definição do diâmetro do colmo (FANCELLI e DOURADO NETO. 2000), minimizando a competição intra-específica por luz, a dominância apical, o estiolamento das plantas e consequentemente a redução do diâmetro do colmo (SANGOI et al., 2002).

Dourado Neto et al. (2003), estudando o efeito da população e do espaçamento na produtividade de milho, encontraram que em altas populações, independentemente do genótipo, o diâmetro do colmo aumentou com a redução do espaçamento, mas, para menores populações, foi observada redução do diâmetro de colmo sob a redução do espaçamento. Por outro lado, a redução da população de plantas, independentemente dos genótipos e espaçamentos utilizados, resultou em aumento no diâmetro do colmo.

Houve efeito significativo para interação entre espaçamentos versus locais na massa de espiga. Para os experimentos instalados em Toledo e Cascavel não houve efeito significativo de espaçamento na massa de espiga. Entretanto, houve efeito significativo de espaçamento na massa de espiga para o experimento instalado em Goioerê obtendo o valor máximo de massa de espiga de 148 g com o espaçamento de 0,61 m (Figura 6).

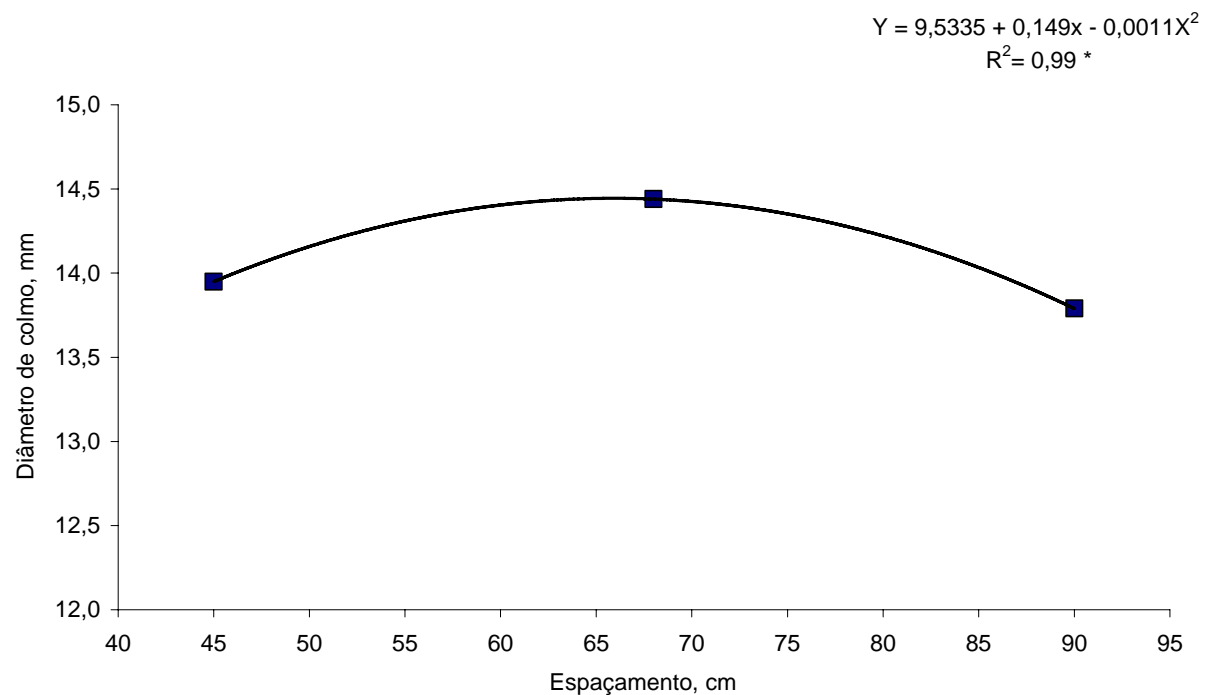


Figura 5 – Diâmetro de colmo, em função do espaçamento entre linhas da cultura do milho

Tabela 5. Resumo da análise de variância, para o desdobramento da interação local (L) versus espaçamentos (E) e análise de regressão para massa de espiga

Fontes de Variação	Locais		
	Goioerê	Toledo	Cascavel
Espaçamento (m)			
L x E	----- g -----		
0,45	142,49C	201,26A	181,10B
0,68	146,82C	206,70A	188,87B
0,90	130,78C	207,22A	185,42B
<b>MODELO DE REGRESSÃO – INTERAÇÃO</b>			
Linear	14,54**	3,77 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>
Quadrático	14,67**	0,85 <sup>ns</sup>	4,44 <sup>ns</sup>

Significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, NS: Não significativo. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

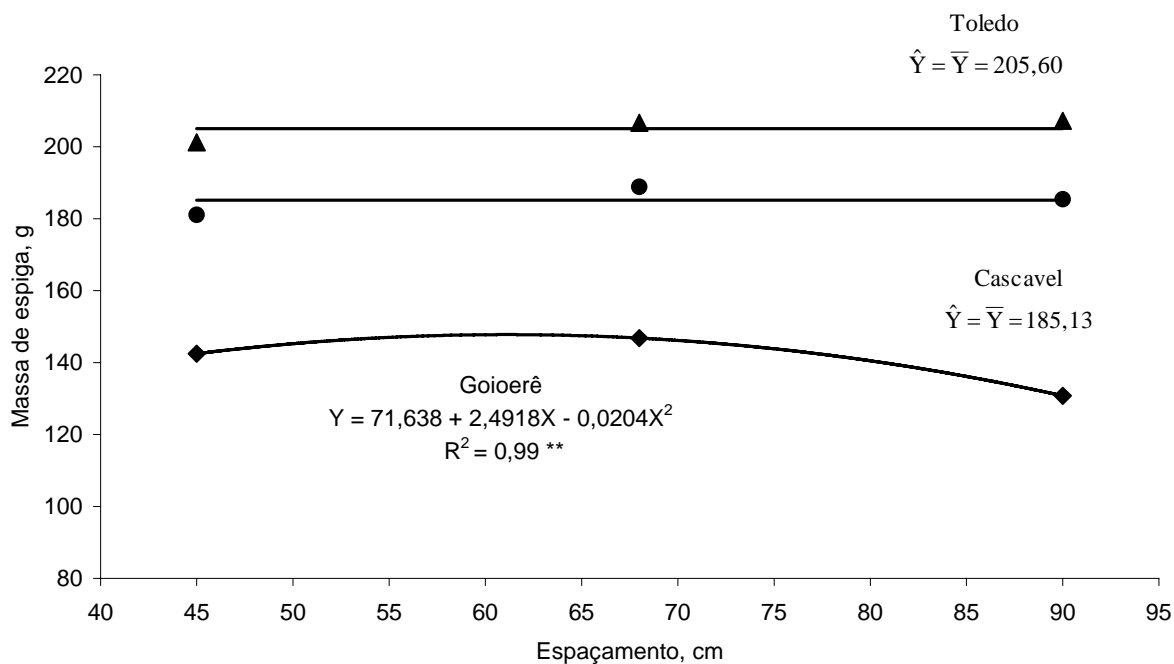


Figura 6 – Massa de espiga para a interação entre locais e espaçamento entre linhas de plantio da cultura do milho.

Para o componente de produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) que apresenta o maior grau de importância para a cultura do milho, realizou-se análise de regressão, calculada para equações linear e quadrática (Tabela 4).

Na avaliação de produtividade, ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) houve efeito significativo de espaçamento entre linhas quando comparado aos espaçamentos de 0,45; 0,68 e 0,90 m (Figura 7). Com os dados obtidos pela análise de regressão quadrática observou a diferença estatística significativa ao efeito do espaçamento. Pode-se atribuir que o espaçamento 0,90 m obteve menor produtividade 9,32% em virtude da maior competição por água e nutrientes na linha de plantio, aliado ao aumento de densidade populacional. Sendo assim, o melhor arranjo estrutural de plantas esta entre os espaçamentos de 0,45 e 0,68 m; o máximo do rendimento de grãos de milho foi alcançado com o espaçamento de 0,57 m, com a produtividade máxima de  $10.792 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Botelho (2006), analisando a produtividade em diferentes espaçamentos, observou que o maior valor ocorreu no espaçamento de 0,80 m com 23,3 % a mais do que no espaçamento de 0,50 m entre linhas.

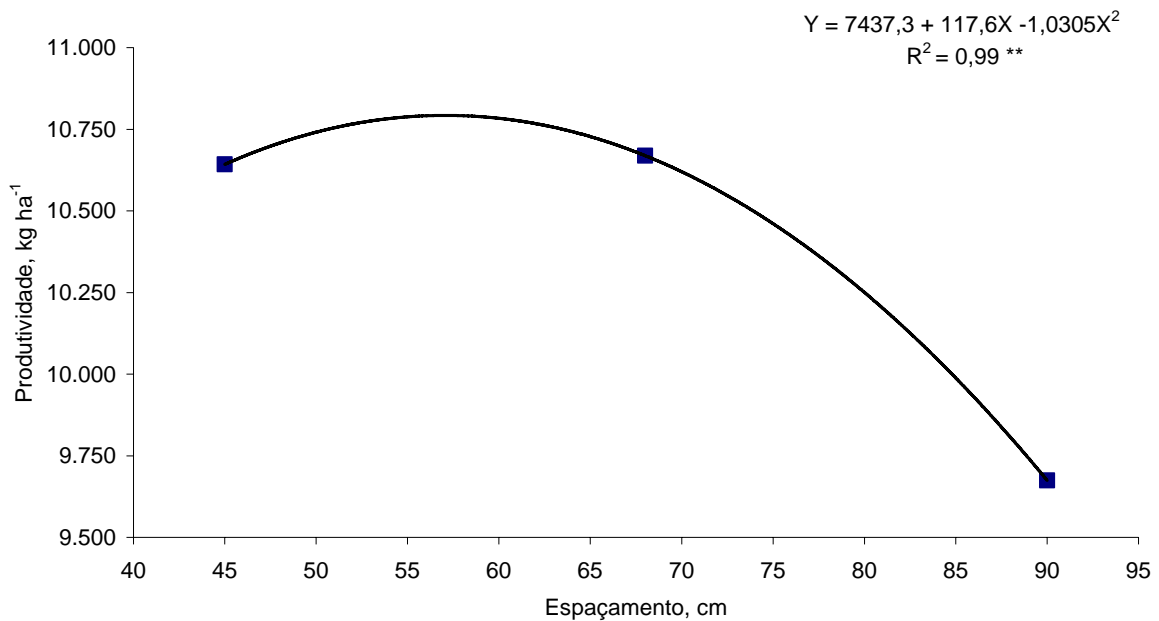


Figura 7 – Produção de grãos de milho na média de três híbridos e quatro níveis de população de plantas, em função de diferentes espaçamentos na cultura do milho

Houve efeito significativo de espaçamento entre linhas da cultura do milho, no espaçamento de 0,90 m a produtividade de grãos foi de 9,32% inferior quando comparada com o espaçamento de 0,68 m e 9,09%, inferior em relação ao espaçamento de 0,45 m.

Pela equação ajustada da função quadrática verificou-se que o melhor arranjo estrutural de plantas foi 0,57 m. Em relação ao espaçamento de 0,90 m, este arranjo é superior em 10,35%, ao espaçamento de 0,45 m é superior em 1,38% e em relação ao espaçamento de 0,68 m superior em 1,13%. Afirma-se que o arranjo estrutural entre plantas, esteja nesta faixa estuda entre 0,45 m e 0,68, havendo uma tendência de melhor distribuição de plantas no arranjo de 0,57 m, assim a cultura do milho tem condições de otimizar os recursos do ambiente e aumentar o potencial produtivo de grãos.

Com a necessidade de aumentar o nível de produtividade da cultura, o arranjo estrutural de plantas torna-se a cada dia mais importante, seguido do ajuste com a densidade populacional e com o melhoramento genético de plantas.

#### 4.1.2 População de plantas

O arranjo de plantas com populações de 50.000 a 80.000 pl ha<sup>-1</sup> não influenciou a altura de plantas e inserção de espiga, mas influenciou significativamente os componentes da produção e produtividade. Houve interação significativa entre local e população de plantas na produtividade (Tabela 6).

Realizou-se análise de regressão, calculada para equações lineares, quadráticas e cúbicas, para todas variáveis biométricas e componentes da produção, os valores obtidos nos experimentos realizados em Goioerê, Toledo e Cascavel, em relação ao efeito de densidade populacional, indicaram que o aumento de população não alterou as características da planta, mantendo assim o mesmo comportamento nos diferentes ambientes trabalhados.

Borghetti et al. (2004), realizando trabalho com objetivo de avaliar a produtividade do milho em função da adubação por área e por planta em diferentes populações nos sistemas de preparo convencional, mínimo e plantio direto, também não encontraram diferença significativa na altura de plantas e inserção da primeira espiga para três populações 55.000, 65.000 e 75.000 pl ha<sup>-1</sup>.

Em alguns casos, à medida que se elevou a população de plantas, ocorreu aumento da altura de planta (Tabela 6). Efeito semelhante foi observado por Marchão et al. (2005), onde se observou comportamento quadrático na média de altura de seis híbridos em função da densidade de plantas, sob espaçamento reduzido.

Segundo Sangoi et al. (2000) e Sangoi (2001), observaram que de maneira geral, a altura de planta é tanto maior quanto maior for a população de plantas, devido ao efeito da competição intra-específica por luz, com conseqüente estímulo da dominância apical das plantas. Argenta et al. (2001a) verificaram um aumento em altura de plantas, conforme aumentou a população de plantas de 40.000 para 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Efeito semelhante foi observado na altura de inserção de espiga, que aumentou a medida que a população de plantas foi aumentada. Furtado (2005) também verificou, nos cultivares testados, que com o aumento da população de plantas há um aumento na altura de inserção de espigas acompanhado por um aumento de altura de plantas. Dourado Neto et al. (2003), estudando diferentes densidades de população e espaçamento, encontraram que a maior altura de planta

ocorreu sob a maior população, relação esta que inverteu à medida em que a população diminuiu.

Também, Mateus et al. (2004) observaram que, quando se elevou a densidade de semeadura de 40.000 para 97.700 plantas  $ha^{-1}$ , houve um incremento na altura de inserção da espiga e na altura das plantas.

Para Fancelli e Dourado Neto (2000), no Brasil, sistemas agrícolas bem gerenciados têm obtido altas produtividades, pela utilização de 55.000 a 72.000 pl  $ha^{-1}$ , adotando espaçamento entre 0,55 e 0,80 m entre fileiras, delimitando arranjos espaciais que minimizam as relações de competição por fatores de produção.

Sergio et al (2002), encontraram que as densidades que proporcionaram maior produção de grãos foram as de 70.000 pl  $ha^{-1}$  seguido de 90.000 pl  $ha^{-1}$ , independente do espaçamento utilizado.

O diâmetro de colmo foi significativamente influenciado pela densidade populacional. Houve redução do diâmetro do colmo com o aumento de densidade de plantas, indicando que à medida que aumenta a população de plantas diminui o diâmetro do colmo cerca de 12% quando comparado 50.000 com 80.000 pl  $ha^{-1}$ . (Figura 8). Esse fator está ligado a competição da planta por água, luz, nutrientes, e principalmente por translocação de fitomassa na fase de enchimento de grãos no final do ciclo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Palhares (2003), e Sangoi et al., (2002). Independente da população de plantas, o espaçamento equidistante entre plantas promoveu aumento no diâmetro do colmo, quando comparado ao espaçamento convencionalmente utilizado, concordando com Palhares (2003) que trabalhou com densidade de 30.000, 60.000 e 90.000 pl. $ha^{-1}$  e espaçamento de 0,40 e 0,80 m.

O componente da produção fileira de grãos por espiga diferem estatisticamente entre os níveis de densidade populacional. Com o aumento de densidade populacional, houve redução na variável estudada de aproximadamente 4,5% (Figura 9).

Para o componente da produção número de grãos por espiga, em relação ao aumento de população de plantas por área, pode-se observar (Figura 10) que ocorreu redução de 12% no número de grãos por espiga com o aumento de população de plantas de 50.000 para 80.000 pl  $ha^{-1}$ .



Tabela 6. Resumo da análise de variância com valores de F calculado para fontes de variação e interações, efeitos de regressão para população, médias para população de plantas para as variáveis biométrica altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), Número de fileiras (NF), número de grãos por espiga (GR) e produtividade (P) em milho cultivado na safra 2007-2008 no Oeste do Paraná

Fontes de Variação	AP	AIE	DC	MGr	ME	NF	GE	P
	-- m --	-- m --	- mm -	-- g --	-- g --			- kg ha <sup>-1</sup> -
<b>POPULAÇÃO – P</b>								
50.000	2,17	1,18	14,94	362,48	204,86	17,13	674,53	9.809,02
60.000	2,18	1,19	14,25	358,75	181,60	16,97	647,98	10.451,44
70.000	2,18	1,18	13,84	354,51	169,84	16,79	632,23	10.534,32
80.000	2,19	1,19	13,21	351,47	150,67	16,40	593,75	10.520,95
<b>TESTE F</b>								
P	0,80 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	52,14 <sup>**</sup>	9,44 <sup>**</sup>	246,14 <sup>**</sup>	4,43 <sup>*</sup>	25,09 <sup>**</sup>	16,84 <sup>**</sup>
<b>MODELO DE REGRESSÃO</b>								
Linear	1,14 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	155,14 <sup>**</sup>	28,23 <sup>**</sup>	723,8 <sup>**</sup>	12,60 <sup>*</sup>	73,26 <sup>**</sup>	34,14 <sup>**</sup>
Quadrático	0,007 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	14,91 <sup>**</sup>
Cúbica	0,25 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	8,55 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>
<b>INTERAÇÕES</b>								
E*P	1,18 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	1,89 <sup>ns</sup>
P*H	0,65 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	1,57 <sup>ns</sup>	1,45 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,05 <sup>ns</sup>	4,21 <sup>ns</sup>
E*P*H	0,47 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1,47 <sup>ns</sup>	2,90 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
L*P	0,26 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	2,39 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	<b>10,89<sup>**</sup></b>
L*E*P	1,61 <sup>ns</sup>	1,38 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	1,40 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	1,24 <sup>ns</sup>
L*P*H	1,08 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>
L*E*P*H	0,82 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>
CV P-H (%)	4,09	7,32	7,72	4,57	8,49	9,14	11	8,54

\* : Significativo em nível de 5% de probabilidade, \*\* : Significativo em nível de 1% de probabilidade, NS: Não significativo , CV: Coeficiente de variação

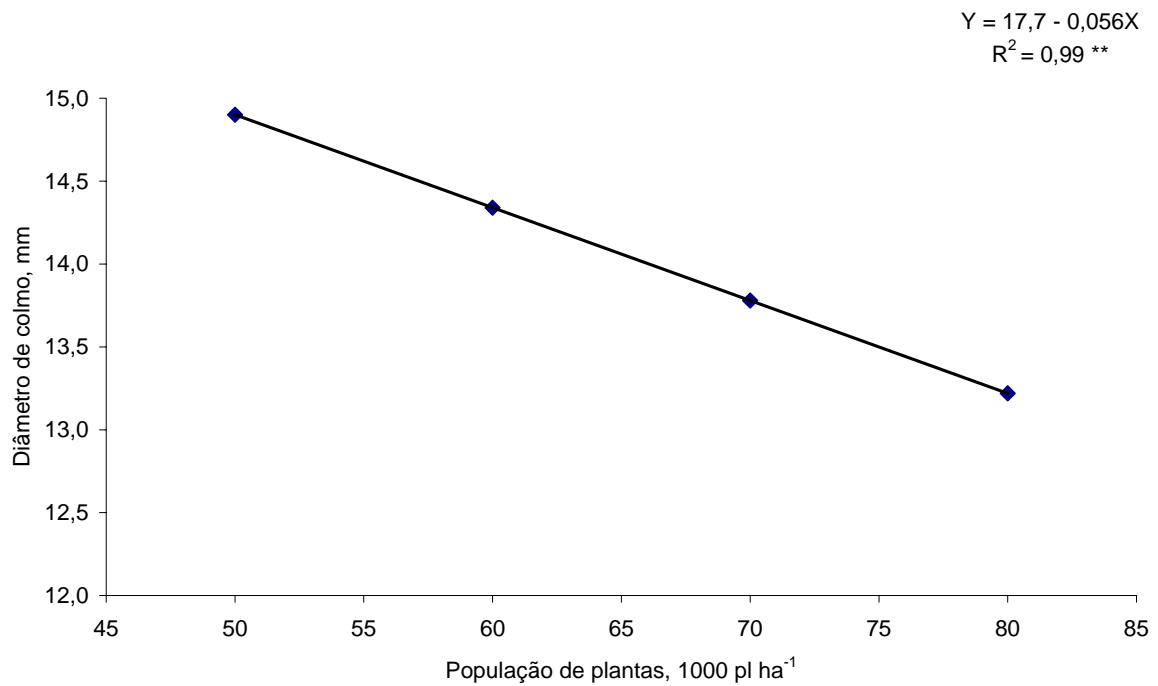


Figura 8 – Diâmetro de colmo de plantas de milho em função da população de plantas

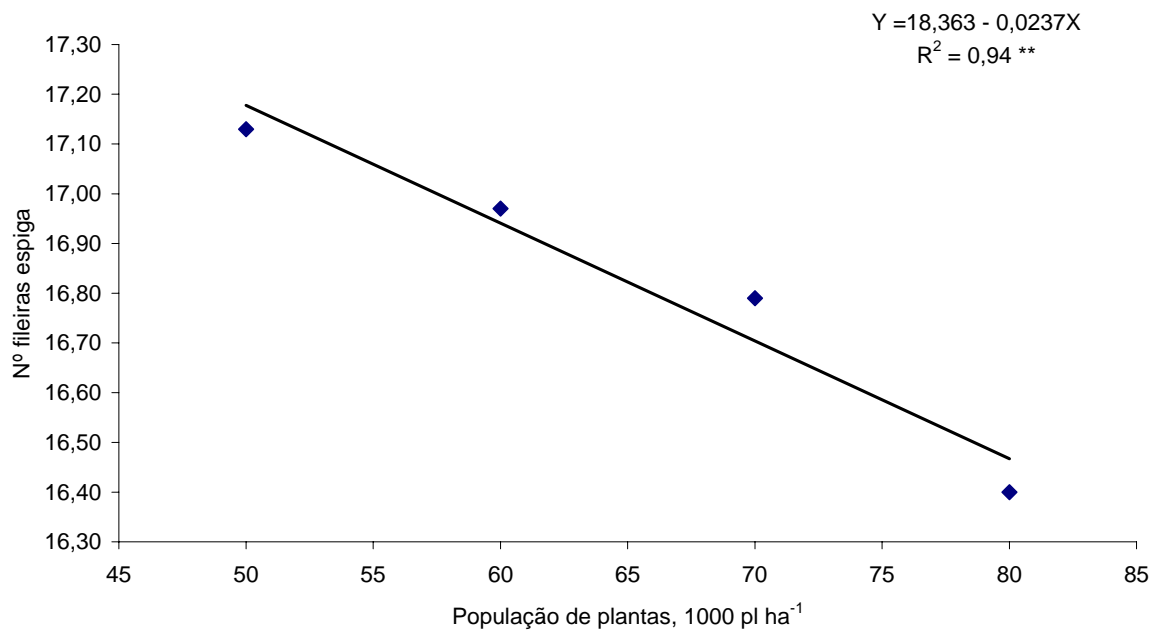


Figura 9 – Média do número de fileiras de grãos por espigas em função da população de plantas de milho

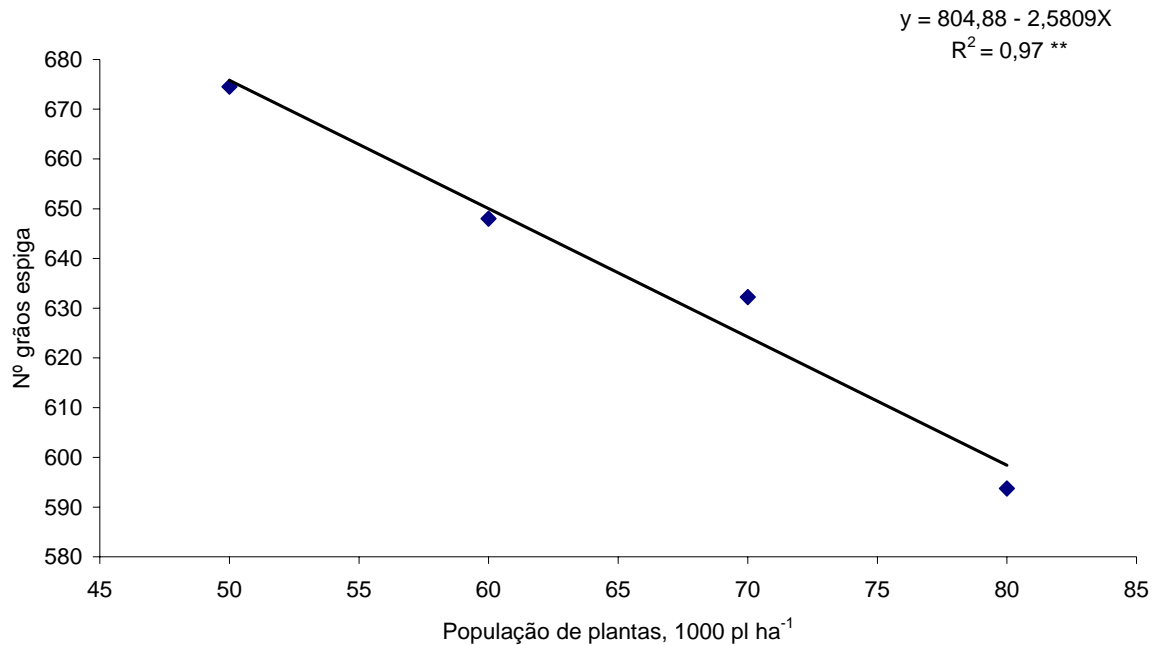


Figura 10 – Número de grãos por espiga, em função do aumento na população de plantas ha<sup>-1</sup>, na cultura do milho.

Resultados semelhantes foram encontrados por Argenta et al. (2001b) estudando quatro espaçamentos entre linhas (0,40, 0,60, 0,80 e 1,00 m) em duas densidades de plantas (50.000 e 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>), que verificaram que o aumento da população de plantas proporcionou menor número de grãos por espiga. Amaral Filho et al. (2002), testando combinação de dois espaçamentos entre as linhas (0,80 e 0,60 m) com três densidades populacionais (40.000, 60.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>) relataram que o número de grãos por espiga foi menor nas maiores densidades populacionais. No entanto, Borghi et al. (2004), verificaram que os valores referentes ao número de grãos por espiga não sofreu efeito das populações avaliadas de 55.000, 65.000 e 75.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Amaral Filho et al. (2002), trabalhando com diferentes densidades populacionais e espaçamentos, encontraram que menores densidades populacionais resultaram em valores superiores de número de grãos por espiga. Corroborando, em parte, com Penariol et al. (2003), que obtiveram redução no número de grãos por espiga com o aumento na densidade de 40.000 a 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com o mesmo cultivar, na safrinha.

Para a variável massa de 1000 grãos, o fator população interferiu significativamente, ocorrendo redução nesta variável com o aumento de população de plantas (Figura 11).

Com relação à massa de 1000 grãos, Borghi et al. (2004) comentaram que o incremento na produtividade de grãos decorrente do aumento da população pode ser explicado pelo ajuste que há no desenvolvimento da planta em função da densidade populacional. Assim, de maneira geral, em baixas densidades, a produção individual por planta é alta, mas a produtividade por área é pequena. Ao adotar o aumento populacional, a produção por planta é mais baixa, porém a produtividade é maior, até alcançar um ponto máximo onde produção individual e produtividade por área declinam. Tal fato pode ser constatado neste trabalho, pela tendência de maiores massas de grãos nas densidades reduzidas independente do espaçamento utilizado. Resultados semelhantes foram encontrados por Carpes (2006), onde a utilização da população de 75.000 pl ha<sup>-1</sup> resultou na maior massa de 1000 grãos. Esses resultados contradizem os encontrados por Argenta et al. (2001a) e Amaral Filho et al. (2002).

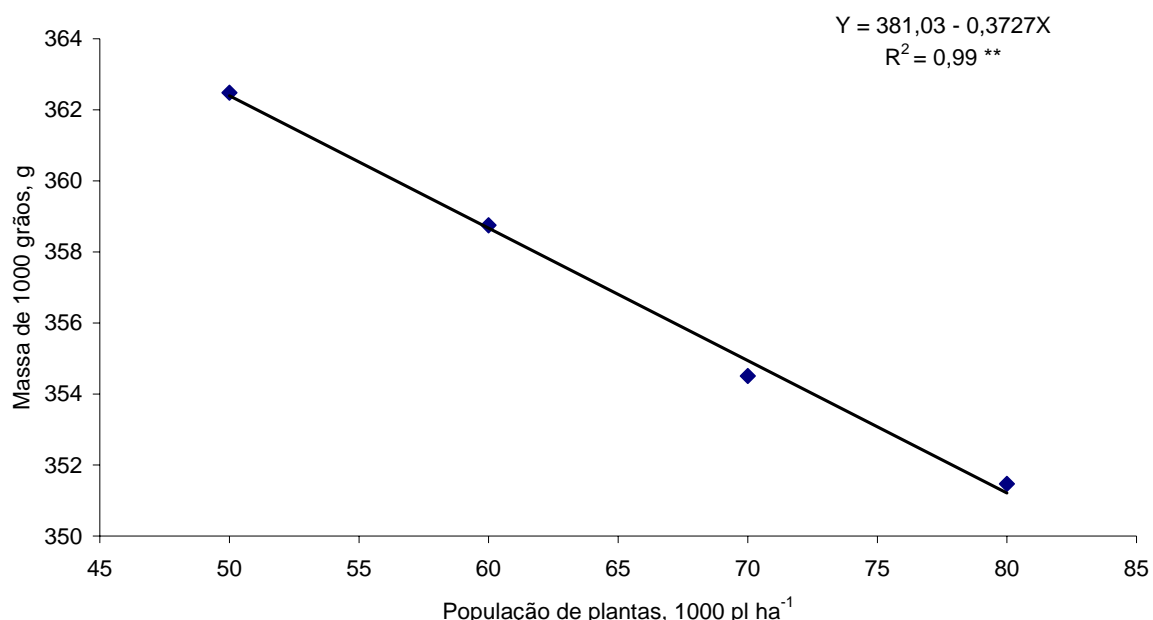


Figura 11 – Valores médios obtidos de massa de 1000 grãos, em função de aumento de população de plantas

Os efeitos de população na variável massa de espiga, foram semelhantes aos encontrados nos componentes de produção, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos. Com aumento da população ocorreu diminuição no rendimento (Figura 12). Quando comparado 50.000 pl ha<sup>-1</sup> com 80.000 pl ha<sup>-1</sup> observou uma redução de 26,4% na massa de espigas.

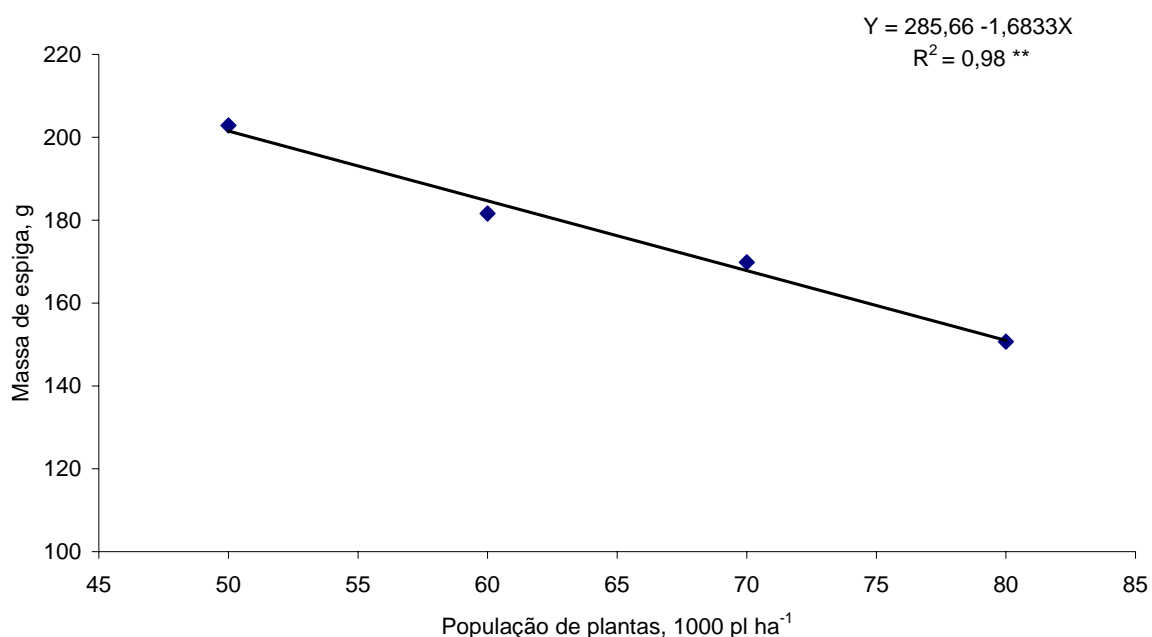


Figura 12 – Avaliação da massa de espiga por planta, em resposta do aumento de população de plantas

Para Borghi et al. (2004), a massa da espiga também sofreu influência de diferentes populações de plantas (55.000, 65.000 e 75.000 pl ha<sup>-1</sup>).

A densidade populacional influenciou significativamente a produtividade da cultura do milho e houve interação significativa entre densidade de plantas e local. (Tabela 6).

O desdobramento desta interação indicou resposta linear crescente da densidade de plantas apenas para o experimento conduzido no município de Toledo. Para os demais locais não houve efeito da densidade de plantas na produtividade.

A Figura 13 apresenta a variação de produtividade de grãos de milho em função da população de plantas. Para os locais Goioerê e Cascavel os valores médios de produtividade não apresentam diferenças significativas com o aumento de

populações. A produção média obtida em Cascavel foi de 10.586 kg ha<sup>-1</sup> enquanto que em Goioerê foi de 8.672 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 7. Resumo da análise de variância, causas da interação e efeitos de regressão para população de plantas sob efeito de diferentes ambientes

Tratamentos	Produtividade		
	Goioerê	Toledo	Cascavel
Pl.ha <sup>-1</sup>	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		
50.000	8.574,44b	10.790,41a	10.210,17a
60.000	9.130,41c	11.414,68a	10.686,82b
70.000	8.535,36c	12.038,95a	10.826,62b
80.000	8.445,55c	12.663,21a	10.629,57b
<b>MODELO DE REGRESSÃO – INTERAÇÃO L x P</b>			
Linear	2,15 <sup>ns</sup>	86,54 <sup>**</sup>	4,34 <sup>ns</sup>
Quadrático	4,61 <sup>ns</sup>	4,67 <sup>ns</sup>	5,04 <sup>ns</sup>
Cúbica	6,08 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade, NS: Não significativo. Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Atribui-se a resposta linear de aumento de produtividade de grãos obtida em Toledo as condições climáticas devido à época de plantio e principalmente ao nível de fertilidade de solo (Tabela 1). Observa-se altos níveis de nutrientes, principalmente fósforo. Neste local devido essa condição estima-se a resposta significativa linear em aumento de produtividade aliada ao aumento de população de plantas.

Borghi et al. (2004) verificaram que o aumento da população de plantas proporcionou maior produtividade e que o incremento na produtividade de grãos pode ser explicado pelo ajuste que há no desenvolvimento da planta em função da densidade populacional. Analisando o estande final, constata-se que o aumento de 62.916 para 65.478 pl ha<sup>-1</sup> não resultou em incremento na produtividade de grãos, o

que permite inferir que o híbrido já está no ponto de equilíbrio quanto à densidade populacional para a condição de sequeiro.

Argenta et al. (2001a), relataram aumento da produtividade de grãos com a redução da densidade de plantas. Já Dourado Neto et al. (2003) encontram que até 60.000 pl ha<sup>-1</sup>, independentemente do genótipo, a produtividade de grãos foi crescente com o aumento da população de plantas. Amaral Filho et al. (2002), também constataram maior produção com a utilização de menor espaçamento entre linhas aliado à maior população de plantas.

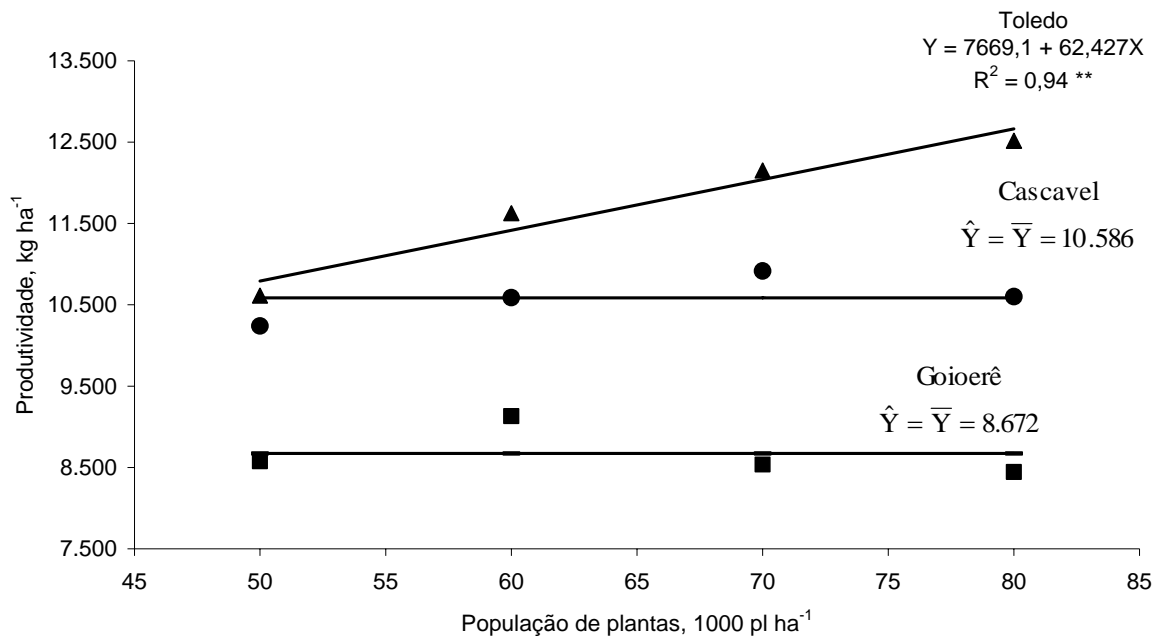


Figura 13 – Interação de diferentes ambientes sob comportamento de produção de grãos de milho, com aumento de população de plantas

#### 4.1.3 Híbridos e Locais

A influência dos fatores limitantes da produtividade de uma cultura pode ser mais bem compreendida se o potencial máximo de seu rendimento for conhecido. No entanto, o ambiente impõe uma série de limitações para que o genótipo expresse o seu potencial, fazendo com que o rendimento obtido frequentemente seja menor que o potencial esperado.

O potencial de rendimento de uma cultura pode ser definido como o rendimento obtido quando cultivada em ambiente ao qual está adaptada, com nutrientes e água não limitantes.

A estimativa e a exploração dos limites de produtividade dos híbridos são pontos importantes que devem ser observados nos programas de melhoramento. Além de fatores genéticos, a produtividade de uma cultura depende das condições de solo e de clima, particularmente da radiação solar, uma vez que a utilização de luz, por meio da fotossíntese reflete diretamente na produtividade da cultura.

Os híbridos de milho e locais apresentam comportamento diferente para todas as variáveis avaliadas, exceto número de fileiras por espiga (tabela 8). Houve efeitos significativos e interação significativa entre híbridos e locais para diâmetro de colmo em nível de probabilidade de 1%, e produtividade, em nível de probabilidade de 5%.

A variável, diâmetro de colmo apresentou interação significativa entre locais e híbridos (Tabela 8). Em Goioerê não houve diferenças significativa entre os híbridos para diâmetro de colmo. Em Toledo o Híbrido AS 1565 apresentou maior diâmetro de colmo que o híbrido AS 1575. Entretanto, este híbrido não diferiu significativamente do AS 1570. Em Cascavel os três híbridos apresentaram diferenças significativas entre si (Tabela 9).

Observa-se o efeito de interação significativa entre locais e híbridos na produtividade de grãos de milho. Em Toledo, os resultados médios obtidos foram superiores ao de Cascavel e Goioerê.

O híbrido AS 1570 teve rendimento de grãos superior aos demais híbridos em praticamente em todos locais, apresentando diferença significativa em Toledo e Cascavel em relação ao AS 1565 e AS 1575, exceto em Goioerê que não houve diferença significativa entre os híbridos. Em Toledo o híbrido AS 1570 obteve produtividade superior ao AS 1575 e AS 1565, já estes dois híbridos não apresentam diferença entre si, em Cascavel o Híbrido AS 1570 é superior ao AS 1565, porém o híbrido AS 1575 não apresentou diferença significativa do AS 1565.

Em trabalho realizado por Sergio et al. (2002), diferenças significativas entre genótipos também foram observadas, indicando adaptabilidade variável em função das características fenotípicas, dos espaçamentos e densidades utilizadas.



Tabela 8. Resumo da análise de variância com valores de F calculado para causas de variação e sua interação, para três híbridos e três locais e médias de formas de arranjo, para as variáveis biométricas altura de planta (AP), altura de inserção de espiga (AIE), diâmetro de colmo (DC), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), Número de fileiras (NF), número de grãos por espiga (GR) e produtividade (P) em milho cultivado na safra 2007-2008 no Oeste do Paraná

Fontes de Variação	AP	AIE	DC	MGr	ME	FE	GE	P
<b>HÍBRIDOS – H</b>								
	-- m --	-- m --	- mm -	-- g --	-- g --			- kg ha <sup>-1</sup> -
AS 1565	2,05b	1,08c	14,34a	344,90b	169,27c	17,01b	640,72b	10.108,29b
AS 1570	2,23a	1,20b	14,11a	345,30b	185,81a	18,50a	698,28a	10.706,18a
AS 1575	2,26a	1,28a	13,74b	380,10a	175,15b	14,95c	572,38c	10.172,32b
<b>LOCAIS – L</b>								
Goioerê	1,94c	1,01c	13,06b	343,4b	140,03c	16,77a	627,36b	8.671,69c
Toledo	2,16b	1,12b	14,65a	363,9a	205,06a	16,83a	664,41a	11.626,80a
Cascavel	2,44a	1,44a	14,47a	363,0a	185,13b	16,80a	619,59b	10.588,29b
<b>TESTE F</b>								
Híbrido H	221,72**	201,60**	12,02**	222,05**	44,89**	193,58**	116,49**	19,93**
Local L	862,22**	1163,02**	99,69**	43,97**	706,46**	0,23 <sup>ns</sup>	19,17**	419,86**
<b>INTERAÇÕES</b>								
L*H	3,05 <sup>ns</sup>	6,37 <sup>ns</sup>	<b>7,27**</b>	9,81 <sup>ns</sup>	4,44 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	3,93 <sup>ns</sup>	<b>3,33*</b>
CV H (%)	4,09	7,32	7,72	4,57	8,49	9,14	11	8,54
CV L (%)	4,66	6,62	7,44	5,86	8,51	7,87	10,3	8,75

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; C.V. coeficiente de variação; \* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade; \*\* : Significativo ao nível de 1% de probabilidade; NS: Não significativo.

Tabela 9. Interações de diâmetro de colmo e produtividade de milho, cultivados em diferentes locais

Fontes de Variação		Diâmetro de Colmo (mm)	
		------(mm)-----	
Híbridos	Goioerê	Toledo	Cascavel
AS 1565	12,85 Ba	15,00 Aa	15,16 Aa
AS 1570	13,00 Ba	14,56 Aab	14,43 Ab
AS 1575	13,39 Aa	14,40 Ab	13,83 Ac
Fontes de Variação		Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	
		------(kg ha <sup>-1</sup> )-----	
Híbridos	Goioerê	Toledo	Cascavel
AS 1565	8.601,89 Ca	11.374,56 Ab	10.348,43 Bb
AS 1570	8.823,54 Ca	12.402,75 Aa	10.892,85 Ba
AS 1575	8.589,64 Ca	11.403,72 Ab	10.523,60 Bab

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### (I) Efeito do espaçamento entre linhas de plantio.

➤ Com o surgimento de novos genótipos e técnicas de manejo para a cultura de milho, é necessário a definição do melhor entre linhas para cada região.

### (II) Efeito da densidade populacional.

➤ Deve-se reavaliar as recomendações de espaçamento e densidade populacional para a cultura do milho, em virtude das modificações introduzidas nos genótipos mais recentes, tais como menor estatura de planta e inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do sub período do pendoamento, angulação mais erectas das folhas e potencial produtivo.

### (III) Comportamento de híbridos e de ambiente.

➤ O resultado encontrado para híbridos e ambientes varia em função do nível de fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, luminosidade, épocas de plantio.

➤ Diferenças significativas entre genótipos foram observadas indicando adaptabilidade variável em função das características fenotípicas, dos espaçamentos e densidade populacional utilizada.

## 6 CONCLUSÕES

- A redução do espaçamento entre linhas de 0,90 para 0,68 e 0,45 m influenciou significativamente na redução de altura de planta e inserção de espiga.
- O máximo do diâmetro do colmo de 14,6 mm foi obtido com o espaçamento de 0,68 m entre linhas.
- O melhor arranjo espacial para o máximo rendimento de grãos foi obtido com o espaçamento de 0,57 m entre linhas, independente do local.
- A resposta positiva ao aumento de população de plantas em Toledo foi diretamente relacionada a fatores ambientais como maior nível de fertilidade do solo.
- Em Goioerê e Cascavel, não houve diferença significativa ao aumento da densidade populacional de 50.000 a 80.000 plantas ha<sup>-1</sup>.
- O híbrido AS 1570 foi superior quanto a produtividade ao AS 1565 e AS 1575 em todos locais.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROESTE SEMENTES S.A. **Guia de Produtos**. Xanxerê, 2007. (Folheto).

AGROLINE. Disponível em <http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.phd?id=237>>. Acessado em 05 de agosto de 2008.

ALMEIDA, M. L.; MEROTTO, A. J.; SANGOI, L.; ENDER M.; GUIDOLIN, A. F. Incremento na densidade de plantas 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, 2000.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI, FILHO. D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura do milho sob alta tecnologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: ABMS, 2002. (CD - ROM).

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F., STRIEDER., M. L; CARDOSO, E. T.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E. Resposta de dois híbridos de milho ao arranjo de plantas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24. 2002, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: ABMS, 2002. (CD-ROM).

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A.; BEHEGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de

milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.1. 2001b.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31. 2001a.

BORGHI. E.; MELLO, L. M. M.; CRUSCIOL, C. A. C. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum**. Agronomy Maringá, v. 26, n. 3, p. 337-345, 2004.

BOTELHO P. H.; MARCELO F. Efeito do despendoamento e da desfolha em plantas de milho híbrido na produção de sementes, sob diferentes espaçamentos na entrelinha. **FAPEMIG**: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. (resumo expandido) MG. 2006.

BULLOCK, D. G.; NIELSEN, R. L.; NYQUIST, W. E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 254-258, 1988.

CARNEIRO, G. E. S.; GERAGE, A. C. Densidade de semeadura. In: IAPAR. **A cultura do milho no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1991. Cap.4, p.63-70.

CARPES, V. S. **O efeito do arranjo de plantas sobre o desenvolvimento e produtividade do milho safrinha**. 2006. 22 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escolas Superiores de Rondonópolis FAIR/UNIR, Rondonópolis, 2006.

CARVALHO, J. A. **Apostila de culturas anuais**. Machado, MG: EAF, 2001. 109 p. (Apostila).

CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M. L.; CARDOSO, M. J.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho em diferentes condições ambientais do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 2, p. 75-82, 2002a.

CARVALHO, H. W. L.; LEAL, M.; CARDOSO, M. J.; et al. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares nordeste brasileiro no triênio 1998. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 37, n. 11, p. 1581-1588, 2002b.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. [Informações]. Acompanhamento de safras 2007/2008. Disponível em: < [http:// www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br) >. Acesso em: Out. 2008.

COSTA, S. V. **Interação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) x anos x localidades nos estados do Piauí e do Maranhão - Brasil**. 1976. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1976.

COX, W. J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.489-496, 1996.

CRUZ, C. D. **Programa Genes: Estatística experimental e matrizes**. Editora UFV. Viçosa-(MG). 285p. 2006

DEPARIS, G. A.; **Espaçamento, adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho**. 2006. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste, Marechal Cândido Rondon-PR. 2006.

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. p. 63-77, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

ENDRES, V. C.; TEIXEIRA, M. R. O. População de plantas e arranjo entre fileiras. in: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Milho**: informações técnicas. Dourados, MS:EMBRAPA / CPAO, 1997, p. 108 - 110.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F.; SANTOS, A. B. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de tecnologia, 1999. 294 p.

FANCELLI, A. L. Cursos de atualização a distância – **Tecnologia da Produção de Milho**, Módulos 1 e 3, Passo Fundo. Aldeia Norte Editora, 2002.

FANCELLI, A.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In. 45a Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992.

FURTADO, M. B. F. **Sistemas de preparo do solo e populações de plantas em espaçamentos reduzido: comportamento de cultivares de milho (*Zea mays L.*)**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina, IAPAR, 1994. 49 p. ilustr. (IAPAR, Documento, 18).

LEMONS, M. A. **Variabilidade fenotípica híbridos simples, variedade e compostos milho**. 1976. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1976.

LERNER, I. M. **Genetics homeostasis**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1954. 134 p.



LEWIS, D. Gene environment interaction: a relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability. **Heredity**, Edinburg, v. 8, n. 3, p. 333-356, 1954.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35. p. 93-101, 2005.

MATEUS, G. P.; BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; COSTA, C. Produção de forragem de milho consorciado com *Brachiaria brizantha* em sistema de plantio direto. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004, Cuiabá. **Resumos...** Cuiabá: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2004. (CD-ROM).

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. da. O Cultivo do milho para altos rendimentos. Revista **SEED News**. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/portugues/seed103/aritgocapa103.shtml>. Acesso em 25 de fevereiro de 2007.

OTTOMAN, M. J.; WELCH, L. F. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in corn. **Agronomy Journal**. 1989 81: 167-174.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.2, p.34- 42, 2003.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Plantio. In: **Cultivo do milho**. Disponível em : <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/plntespaca.htm> > . Acesso em 12 de janeiro de 2008.

PRADO, E. E. do; HIROMOTO, D. M.; GODINHO, V. P. C. de; et al., Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em cinco épocas de plantio no cerrado de Rondônia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 625-635, 2001.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**, 2. ed. Campinas. Instituto Agrônômico. Fundação IAC, 1996. 285P. (IAC, Boletim. 100).

RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de milho em diferentes condições ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 11, p. 2213-2222, 2000.

RIZZARDI, M. A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8. 1994.

RUSCHEL, R. **Interação genótipo x localidades na região centro-sul em milho (*Zea mays* L)**. 1968. 60 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1968.

RUSCHEL, R.; PENTEADO, A. componentes da variância de duas cultivares de milho e estimativa do progresso genético médio em ensaios de produção. **Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 381-388, 1970.

SANGOI, L.; Ender, M.; Guidolin, A. F.; Bogo, A.; Kothe, D. M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000

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.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; GRACIETTI, M.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 2, p. 1, 2002.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; HORN, D. Bases morfo-fisiológicas para aumentar a tolerância de cultivares de milho a altas densidades de plantas In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, IV, 2003, Lages, SC. **Resumos expandidos...** Lages: CAV-UDESC, 2003. p 19-24.

SECRETARIA ESTADUAL DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO – SEAB, disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/> . Acesso em: Out 2007.

SERGIO, G. R.; RENZO, G. V. P.; ANDRE, H. B; Alternativas para o arranjo de plantas na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24. 2002, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: ABMS, 2002 (CD ROM).

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

SILVA, P. R. F. da; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.585-592, 1999.

SIMMONDS, N. W. Variability in crop plants, its use and conservation. **Biological Reviews**. Cambridge, v. 37. n. 2, p. 433-465, 1962.

STAGGENBORG, S. A.; FJELL, D. L.; DEVLIN, D. L.; GORDON, W. B.; MADDUX, L. D.; MARSH, B. H. Selecting optimum planting dates and plant populations for

dryland corn in Kansas. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.12, n.1, p.85-90, 1999.

TOLLENAAR, M.; DWER, L. M.; STEWART, D. W. Ear and kernel formation in maize hybrids representing three decades of grain yield improvement in Ontario. **Crop Science**, Madison, v.32, n.2, p.432-438, 1992.

WESTGATE, M. E. FORCELLA, F.; REICOSKY, D. C.; SOMSEN, J. Rapid canopy closure for maize production in the northern US corn belt: radiation-use efficiency and grain yield. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.49, p.249-258, 1997.

## 8.0 APÊNDICE

### RESUMO DOS QUADROS DE ANÁLISES DE VARIÂNCIA - ANÁLISE CONJUNTA

1.0 Variável analisada: Altura de Planta

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	0.055203	0.018401	1.567	0.2924
ESP	2	0.256285	0.128142	10.910	0.0100
erro 1	6	0.070475	0.011746		
POP	3	0.019230	0.006410	0.803	0.5007
HYS	2	3.541979	1.770990	221.723	0.0000
ESP*POP	6	0.056725	0.009454	1.184	0.3369
ESP*HYS	4	0.045278	0.011319	1.417	0.2480
POP*HYS	6	0.031169	0.005195	0.650	0.6895
ESP*POP*HYS	12	0.045741	0.003812	0.477	0.9150
erro 2	36	0.287546	0.007987		
LOC	2	17.900660	8.950330	862.228	0.0000
LOC*ESP	4	0.028576	0.007144	0.688	0.6006
LOC*POP	6	0.016377	0.002730	0.263	0.9537
LOC*HYS	4	0.126736	0.031684	3.052	0.0174
LOC*ESP*POP	12	0.201053	0.016754	1.614	0.0871
LOC*ESP*HYS	8	0.069653	0.008707	0.839	0.5692
LOC*POP*HYS	12	0.135671	0.011306	1.089	0.3690
LOC*ESP*POP*HYS	24	0.205440	0.008560	0.825	0.7045
erro 3	279	2.896152	0.010380		
Total corrigido	431	25.989948			
CV 1 (%) =	4.96				
CV 2 (%) =	4.09				
CV 3 (%) =	4.66				
Média geral:	2.1857639	Número de observações:	432		

2.0 Altura de inserção de espiga

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	0.018649	0.006216	0.848	0.5159
ESP	2	0.161906	0.080953	11.050	0.0097
erro 1	6	0.043957	0.007326		
POP	3	0.011853	0.003951	0.518	0.6723
HYS	2	3.073329	1.536665	201.607	0.0000
ESP*POP	6	0.057281	0.009547	1.253	0.3035
ESP*HYS	4	0.015832	0.003958	0.519	0.7221
POP*HYS	6	0.029719	0.004953	0.650	0.6899
ESP*POP*HYS	12	0.042487	0.003541	0.465	0.9223
erro 2	36	0.274395	0.007622		
LOC	2	14.461350	7.230675	1163.028	0.0000
LOC*ESP	4	0.048269	0.012067	1.941	0.1038
LOC*POP	6	0.023976	0.003996	0.643	0.6960
LOC*HYS	4	0.158554	0.039639	6.376	0.0001
LOC*ESP*POP	12	0.102938	0.008578	1.380	0.1749
LOC*ESP*HYS	8	0.042310	0.005289	0.851	0.5588
LOC*POP*HYS	12	0.054042	0.004504	0.724	0.7273
LOC*ESP*POP*HYS	24	0.177161	0.007382	1.187	0.2523
erro 3	279	1.734574	0.006217		
Total corrigido	431	20.532581			
CV 1 (%) =	7.18				
CV 2 (%) =	7.32				
CV 3 (%) =	6.62				
Média geral:	1.1918750	Número de observações:	432		

## 3.0 Diâmetro de COLMO

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	22.967106	7.655702	5.115	0.0431
ESP	2	33.248472	16.624236	11.107	0.0096
erro 1	6	8.980602	1.496767		
POP	3	170.253403	56.751134	52.148	0.0000
HYS	2	26.162222	13.081111	12.020	0.0001
ESP*POP	6	4.612639	0.768773	0.706	0.6464
ESP*HYS	4	5.668056	1.417014	1.302	0.2877
POP*HYS	6	10.261111	1.710185	1.571	0.1838
ESP*POP*HYS	12	19.229722	1.602477	1.473	0.1801
erro 2	36	39.177500	1.088264		
LOC	2	218.593472	109.296736	99.695	0.0000
LOC*ESP	4	3.665972	0.916493	0.836	0.5033
LOC*POP	6	15.782083	2.630347	2.399	0.0281
LOC*HYS	4	31.898056	7.974514	7.274	0.0000
LOC*ESP*POP	12	7.744583	0.645382	0.589	0.8509
LOC*ESP*HYS	8	9.941667	1.242708	1.134	0.3407
LOC*POP*HYS	12	10.481944	0.873495	0.797	0.6538
LOC*ESP*POP*HYS	24	18.788889	0.782870	0.714	0.8365
erro 3	279	305.872292	1.096316		
Total corrigido	431	963.329792			
CV 1 (%) =	8.70				
CV 2 (%) =	7.42				
CV 3 (%) =	7.44				
Média geral:	14.0659722	Número de observações:	432		

## 4.0 Número de fileira de espiga

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	5.584259	1.861420	0.984	0.4607
ESP	2	0.950324	0.475162	0.251	0.7857
erro 1	6	11.349491	1.891582		
POP	3	31.481667	10.493889	4.437	0.0094
HYS	2	915.574491	457.787245	193.580	0.0000
ESP*POP	6	2.184306	0.364051	0.154	0.9870
ESP*HYS	4	7.016620	1.754155	0.742	0.5698
POP*HYS	6	8.969583	1.494931	0.632	0.7036
ESP*POP*HYS	12	13.211528	1.100961	0.466	0.9217
erro 2	36	85.134398	2.364844		
LOC	2	0.811296	0.405648	0.231	0.7938
LOC*ESP	4	13.688148	3.422037	1.950	0.1024
LOC*POP	6	6.360556	1.060093	0.604	0.7270
LOC*HYS	4	8.961481	2.240370	1.277	0.2794
LOC*ESP*POP	12	7.242222	0.603519	0.344	0.9802
LOC*ESP*HYS	8	12.837407	1.604676	0.914	0.5049
LOC*POP*HYS	12	19.054444	1.587870	0.905	0.5426
LOC*ESP*POP*HYS	24	48.374444	2.015602	1.148	0.2904
erro 3	279	489.641852	1.754989		
Total corrigido	431	1688.428519			
CV 1 (%) =	8.17				
CV 2 (%) =	9.14				
CV 3 (%) =	7.87				
Média geral:	16.8268519	Número de observações:	432		



## 5.0 Número de grãos por espiga

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	49557.241810	16519.080603	3.403	0.0942
ESP	2	12144.103556	6072.051778	1.251	0.3515
erro 1	6	29127.787583	4854.631264		
POP	3	369662.688299	123220.896100	25.095	0.0000
HYS	2	1144050.845825	572025.422913	116.498	0.0000
ESP*POP	6	8800.777655	1466.796276	0.299	0.9335
ESP*HYS	4	22760.177961	5690.044490	1.159	0.3451
POP*HYS	6	31189.529513	5198.254919	1.059	0.4050
ESP*POP*HYS	12	24068.601145	2005.716762	0.408	0.9506
erro 2	36	176766.531064	4910.181418		
LOC	2	165197.152724	82598.576362	19.170	0.0000
LOC*ESP	4	10388.810029	2597.202507	0.603	0.6609
LOC*POP	6	37136.974098	6189.495683	1.437	0.2006
LOC*HYS	4	67859.099151	16964.774788	3.937	0.0040
LOC*ESP*POP	12	32037.830727	2669.819227	0.620	0.8251
LOC*ESP*HYS	8	38613.202171	4826.650271	1.120	0.3495
LOC*POP*HYS	12	41577.544860	3464.795405	0.804	0.6462
LOC*ESP*POP*HYS	24	109645.541040	4568.564210	1.060	0.3896
erro 3	279	1202107.931543	4308.630579		
Total corrigido	431	3572692.370755			
CV 1 (%) =	10.94				
CV 2 (%) =	11.00				
CV 3 (%) =	10.30				
Média geral:	637.1278241	Número de observações:	432		

## 6.0 Massa de 100 grãos

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	4.485203	1.495068	0.710	0.5807
ESP	2	17.920542	8.960271	4.253	0.0708
erro 1	6	12.640152	2.106692		
POP	3	75.345569	25.115190	9.447	0.0001
HYS	2	1180.676792	590.338396	222.056	0.0000
ESP*POP	6	23.792230	3.965372	1.492	0.2089
ESP*HYS	4	35.509900	8.877475	3.339	0.0200
POP*HYS	6	23.197297	3.866216	1.454	0.2216
ESP*POP*HYS	12	92.707939	7.725662	2.906	0.0066
erro 2	36	95.706463	2.658513		
LOC	2	384.715346	192.357673	43.976	0.0000
LOC*ESP	4	23.761854	5.940463	1.358	0.2487
LOC*POP	6	21.903215	3.650536	0.835	0.5440
LOC*HYS	4	171.706045	42.926511	9.814	0.0000
LOC*ESP*POP	12	73.502713	6.125226	1.400	0.1650
LOC*ESP*HYS	8	13.932017	1.741502	0.398	0.9211
LOC*POP*HYS	12	32.194071	2.682839	0.613	0.8305
LOC*ESP*POP*HYS	24	100.970272	4.207095	0.962	0.5174
erro 3	279	1220.382558	4.374131		
Total corrigido	431	3605.050178			
CV 1 (%) =	4.07				
CV 2 (%) =	4.57				
CV 3 (%) =	5.86				
Média geral:	35.6805324	Número de observações:	432		

## 7.0 Massa de Espiga

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	4226.700158	1408.900053	3.419	0.0934
ESP	2	3570.425760	1785.212880	4.332	0.0685
erro 1	6	2472.819516	412.136586		
POP	3	166469.487391	55489.829130	246.142	0.0000
HYS	2	20240.194818	10120.097409	44.891	0.0000
ESP*POP	6	1291.609622	215.268270	0.955	0.4691
ESP*HYS	4	582.835989	145.708997	0.646	0.6331
POP*HYS	6	3717.284080	619.547347	2.748	0.0265
ESP*POP*HYS	12	2259.618313	188.301526	0.835	0.6150
erro 2	36	8115.784057	225.438446		
LOC	2	319661.435068	159830.717534	706.464	0.0000
LOC*ESP	4	5543.079589	1385.769897	6.125	0.0001
LOC*POP	6	1207.879791	201.313299	0.890	0.5027
LOC*HYS	4	4020.001451	1005.000363	4.442	0.0017
LOC*ESP*POP	12	2701.610235	225.134186	0.995	0.4537
LOC*ESP*HYS	8	558.431617	69.803952	0.309	0.9625
LOC*POP*HYS	12	1265.722006	105.476834	0.466	0.9332
LOC*ESP*POP*HYS	24	2856.293243	119.012218	0.526	0.9689
erro 3	279	63121.041393	226.240292		
Total corrigido	431	613882.254098			
CV 1 (%) =	11.49				
CV 2 (%) =	8.49				
CV 3 (%) =	8.51				
Média geral:	176.7467361	Número de observações:	432		

## 8.0 Produtividade de grãos

Opção de transformação: Variável sem transformação ( Y )

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	9052296.914352	3017432.304784	6.834	0.0231
ESP	2	92490917.625000	46245458.812500	104.737	0.0000
erro 1	6	2649235.578704	441539.263117		
POP	3	39351737.303241	13117245.767747	16.849	0.0000
HYS	2	31035761.555556	15517880.777778	19.933	0.0000
ESP*POP	6	8840001.745370	1473333.624228	1.893	0.1089
ESP*HYS	4	3897484.152778	974371.038194	1.252	0.3069
POP*HYS	6	19679056.037037	3279842.672840	4.213	0.0026
ESP*POP*HYS	12	7751016.310185	645918.025849	0.830	0.6202
erro 2	36	28026285.004630	778507.916795		
LOC	2	686562719.291667	343281359.645833	419.861	0.0000
LOC*ESP	4	5961513.083333	1490378.270833	1.823	0.1245
LOC*POP	6	53432296.578704	8905382.763117	10.892	0.0000
LOC*HYS	4	10901855.861111	2725463.965278	3.333	0.0109
LOC*ESP*POP	12	12205229.601852	1017102.466821	1.244	0.2525
LOC*ESP*HYS	8	2487001.180556	310875.147569	0.380	0.9307
LOC*POP*HYS	12	7367128.101852	613927.341821	0.751	0.7007
LOC*ESP*POP*HYS	24	21711762.634259	904656.776427	1.106	0.3356
erro 3	279	228112138.752315	817606.232087		
Total corrigido	431	1.271515437E+0009			
CV 1 (%) =		6.43			
CV 2 (%) =		8.54			
CV 3 (%) =		8.75			
Média geral:	10328.9375000		Número de observações:	432	