VARIABILIDADE GENÉTICA EM SUBPOPULAÇÕES DE
MILHO (*Zea mays* L.) OBTIDAS POR SELEÇÃO
DIVERGENTE.

PEDRO MÁRIO DE ARAÚJO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Genética e Melhora-
mento de plantas

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - Brasil
Março - 1992

VARIABILIDADE GENÉTICA EM SUBPOPULAÇÕES DE
MILHO (*Zea mays* L.) OBTIDAS POR SELEÇÃO
DIVERGENTE.

PEDRO MÁRIO DE ARAÚJO

Aprovada em 20/03/92

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Ernesto Paterniani	ESALQ/USP
Prof ^a . Dr ^a . Marlene Lima	IAC

Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho
Orientador

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

A663v Araújo, Pedro Mário de
Variabilidade genética em subpopulações de milho
(Zea mays L.) obtidas por seleção divergente.
Piracicaba, 1992.

153p. ilustr.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Milho - População - Seleção 2. Milho -
População - Variação genética 3. Milho - Progenie
- Avaliação I. Escola Superior de Agricultura Luiz
de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.15

À minha esposa e filhos.

OFEREÇO.

Aos meus pais
e irmãos
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- A Deus pela sua presença constante em todos os momentos de minha vida.
- Aos professores do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" pelos ensinamentos transmitidos e amizade.
- Ao Professor Dr. José Branco de Miranda Filho do Departamento de Genética da ESALQ, pela orientação e ensinamentos recebidos.
- Aos pesquisadores do IAPAR, Antonio Carlos Gerage, Geraldo Estevan S. Carneiro e Nelson Fonseca Júnior pelo auxílio na condução dos experimentos, críticas e sugestões durante o trabalho e auxílio nas análises estatísticas.
- Aos técnicos agrícolas do IAPAR, Alvante Mar Pereira dos Santos, Antonio Ferreira Alves, Aparecido Sales de Carvalho, José Arnaldo Peron Martins, Mauro de Souza Santos e José Dirco Pereira, pela implantação e condução dos experimentos e leituras realizadas.
- Ao Sr. Miotto do Departamento de Genética da ESALQ pelo auxílio na obtenção e preparação das progênies.
- À Fundação Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR pela oportunidade concedida.
- Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela bolsa de estudo concedida.

- Aos colegas e pesquisadores Segundo Alfonso Vasco Medina do INIAP e José Guilherme do IAC pela amizade e convivência.
- Ao funcionário do Departamento de Genética da ESALQ, José Carlos Zem pela colaboração nas análises estatísticas.
- A todos meus familiares que sempre nos incentivaram.

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO.....	XIV
SUMMARY.....	XVII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Parâmetros Genéticos e Correlações em Milho..	4
2.2. Tamanho do Pendão.....	10
2.3. Altura de Espigas.....	26
2.4. Seleção divergente.....	35
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1. Material.....	45
3.2. Métodos.....	48
3.2.1. Ensaio de Avaliação.....	48
3.2.2. Caracterização dos Locais.....	51
3.2.3. Análises Estatísticas dos Dados.....	54
3.2.3.1. Análises de Variância.....	54
3.2.3.2. Estimativas de Parâmetros ge- néticos.....	55
3.2.3.3. Covariâncias e Correlações...	60

	PÁGINA
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4.1. Médias Populacionais.....	63
4.2. Análises de Variância.....	69
4.3. Estimativas de Parâmetros Genéticos.....	74
4.4. Correlações entre Caracteres.....	85
4.5. Considerações Finais.....	102
5. CONCLUSÕES.....	105
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107

LISTA DE TABELAS

TABELA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
01	Estimativas de parâmetros genéticos obtidos por diversos autores para o caráter número de ramificações do pendão em milho	14
02	Estimativas de correlações genética aditiva (r_g), e fenotípica (r_f), ao nível de médias de famílias, envolvendo associações do caráter número de ramificações do pendão (NR) com peso de grãos (PG), altura de plantas (AP), altura de espigas (AP), posição relativa da espiga (PRE) e prolificidade (PRO)	24
03	Resumo das estimativas de parâmetros genéticos para altura de plantas e altura de espigas, obtidas por diversos autores em populações de milho nacionais e estrangeiros	29
04	Seleção divergente em milho. Trabalho publicados, referências e caracteres selecionados	44

5	Resultados das análises de solo coletados durante a implantação dos experimentos nas localidades de Londrina e Vila Velha no ano de 1988	53
06	Dados coletados pelo Sistema Agrometereológico do IAPAR em Londrina e Vila Velha durante o período de outubro de 1988 à abril de 1989	53
07	Esperança matemática dos quadrados médios para dados de médias ou totais de parcelas com base na análise agrupada dentro de locais	56
08	Esquema de análise de variância, conjunta e agrupada, com respectiva esperança dos quadrados médios, considerando-se efeito de local como fixo	59
09	Esperança matemática dos produtos médios obtidos na análise de covariância segundo o delineamento de blocos casualizados	61
10	Esperança matemática dos produtos médios obtidos na análise de covariância conjunta, segundo o delineamento em blocos casualizados, ao nível de médias ou totais de parcelas	61

11	Médias populacionais obtidas por local para os caracteres florescimento feminino (FF), prolificidade (PRO), altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), posição relativa da espiga (PRE), número de ramificações do pendão (NR) e produção de grãos (PG)	131
12	Quadrados médios e coeficientes de variação ambiental obtidos das análises agrupadas dos experimentos A e B, em blocos casualizados por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, Londrina-PR, 1988/89	132
13	Quadrados médios e coeficientes de variação ambiental obtidos das análises agrupadas dos experimentos A e B, em blocos casualizados por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, Vila Velha-PR, 1988/89	133
14	Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha para a subpopulação R	134

PÁGINA

15	Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha para a subpopulação R^+	135
16	Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha para a subpopulação E^+	136
17	Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha para a subpopulação E^-	137
18	Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha para a subpopulação PO	138
19	Quadrados médios de progênies, interação entre progênies e locais e erro ambiental obtidos das análises conjuntas e agrupadas	

	por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR E PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha, 1988/89	139
20	Estimativas de variância genética entre progênies, obtidas ao nível de parcelas através de análises de experimentos agrupados por população e por local e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG	140
21	Estimativas de variância genética aditiva obtidas ao nível de parcelas, através de análises de experimentos agrupados por população e por local, para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG	141
22	Estimativas de variância genética entre progênies e variância aditiva obtidas ao nível de parcelas através de análises conjuntas e agrupadas por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG	142
23	Estimativas de herdabilidade ao nível de médias obtidas por população e por local para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG	143

24	Estimativas de herdabilidade ao nível de médias, resultantes de: a) médias das herdabilidades entre locais, por população e por carácter. b) Valor médio por carácter dentro de locais e valor médio geral	144
25	Correlações genéticas, obtidas por populações e por locais, envolvendo os seis caracteres analisados	145
26	Correlações fenotípicas obtidas por população e por locais, envolvendo os seis caracteres analisados	146
27	Correlações genéticas e fenotípicas resultante das análises conjuntas entre Londrina e Vila Velha, para os seis caracteres analisados	147
28	Médias populacionais obtidas para os caracteres AP, AE, PRE, NR, PRO e PG nas subpopulações de ESALQ PB1 R^- , R^+ , E^- e E^+ após três e cinco ciclos (C_3 e C_5) de seleção e comparadas em valores percentuais com ESALQ PB1. PO.....	148

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIÇÃO	PÁGINA
01	Distribuição de médias de progênies de IG para o caráter NR na população ESALQ PB1-PO e nas subpopulações R^- e R^+ . Londrina e Vila Velha, 88/89.....	149
02	Distribuição de médias de progênies de IG para o caráter AE na população ESALQ PB1-PO e nas subpopulações E^- e E^+ em Londrina, safra 88/89.....	150
03	Distribuição de médias de progênies de IG para o caráter AE na população ESALQ PB1-PO e nas subpopulações E^- e E^+ em Vila Velha, safra 88/89.....	151
04	Distribuição de médias de progênies de IG para o caráter FF nas subpopulações E^- e E^+ em Londrina, safra 88/89.....	152
05	Médias populacionais e amplitude de variação para o caráter PG na população ESALQ PB1-PO e nas subpopulações E^- , E^+ , R^- e R^+ . Valores médios entre Londrina e Vila Velha.	153

VARIABILIDADE GENÉTICA EM SUBPOPULAÇÕES DE MILHO
(*Zea mays* L.) OBTIDAS POR SELEÇÃO DIVERGENTE.

Autor: PEDRO MÁRIO DE ARAÚJO

Orientador: PROF. DR. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

RESUMO

Foram estudadas progênies de irmãos germanos obtidas através de cruzamentos em cadeia em quatro subpopulações de milho, submetidas à seleção divergente para tamanho do pendão (NR) e altura de espigas (AE), mais a população original ESALQ PB1. Foram analisados os caracteres florescimento feminino (FF), prolificidade (PRO), altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), número de ramificações do pendão (NR), e peso de grãos (PG). Os ensaios foram conduzidos nas localidades de Londrina e Vila Velha, ambas no estado do Paraná. Os parâmetros estimados foram as médias populacionais, variância entre progênies, herdabilidade ao nível de médias e correlações entre os seis caracteres.

Os valores estimados em cada subpopulação (R^+ , R^- , E^+ e E^- , representando seleção para aumento e diminuição de NR e AE, respectivamente) foram comparados com os estimados na população original com o objetivo de se avaliar o efeito da seleção divergente.

Os resultados obtidos mostraram que na seleção R^- , não só diminuiu o caráter (NR), mas reduziu também AP, AE e FF, verificando-se aumento em PRO. Na seleção R^+ houve aumento de NR, AP, AE e FF. A seleção E^- , reduziu AP, AE, NR e FF e na linha divergente E^+ , verificou-se aumentos em AP, AE, NR e FF. Os dados relativos à peso de grãos foram altos em todas as populações, não se verificando efeitos marcantes da seleção sobre esse caráter. Registrou-se ligeiro aumento de PG em E^+ . A subpopulação E^- mostrou pequena redução em PG, e em R^- e R^+ apenas indícios de menor PG em relação à população original.

Verificou-se uma ampliação da variância para o caráter PRO nas populações R^- e E^+ e para o caráter NR na população R^+ . Para os demais, registrou-se um decréscimo da variância. As reduções mais expressivas ocorreram para o caráter NR na população R^- , para o caráter FF na população E^+ e para os caracteres AP, AE e PG em E^- . As estimativas de herdabilidade, não sofreram alterações significativas com os ciclos de seleção.

Os valores mais altos de correlação foram verificados para a associação APxAE. Verificou-se também valores altos de correlação para as associações PGxAP e PGxPRO.

De um modo geral, as populações apresentaram bom potencial produtivo e ampla variabilidade para tal

caráter, sendo que as populações R^- e E^- , por possuírem outras características agronômicas desejáveis, são mais indicadas para inclusão em um programa de melhoramento.

A continuidade do processo de seleção divergente poderá permitir novas inferências e melhor conhecimento do efeito da seleção sobre a estrutura genética destas populações.

GENETIC VARIABILITY IN SUBPOPULATION OF MAIZE (*Zea mays* L.)
OBTAINED BY DIVERGENT SELECTION.

Author: PEDRO MÁRIO DE ARAÚJO

Adviser: PROF. DR. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

SUMMARY

The present study was based on evaluation of full sib families obtained from chain crosses in four maize subpopulation submitted to divergent selection for tassel size (NR) and ear placement (AE) and compared with progenies of the original population (ESALQ-PB1, PO). The character analized were days to silking (FF), prolificacy (PRO), plant height (AP), ear heigth (AE), tassel branch number (NR) and grain yield (PG). The experiments were planted at Londrina and Vila Velha, both in Paraná State. The estimated parameters were populations means, variance between progenies, heritability (broad sense) and correlation between the six characters.

The estimated values in each subpopulation (R^- , R^+ , E^- e E^+ , representing selection to increase and decrease NR e AE respectively) were compared with the values estimated for ESALQ PB1-PO in order to evaluate the effect of divergent selection.

It was observed that in R^- selection there

was a decrease not only in character (NR) but also in AP, AE and an increase in PRO. R^+ selection also increased AP, AE and FF and in the divergent line E^+ it was found an increase in AP, AE, NR, FF and PRO. The yield was high in all populations but without remarkable effects of the selection on this character. It was found a small increase of PG in E^+ . The subpopulation E^- showed a small decrease in PG and the R^- and R^+ only a trend to smaller PG in relation to the original population.

It was found an increase in the variance for the character PRO in the subpopulations R^- and E^+ and also for the character NR in R^+ . In the others characters it was observed a decrease of variance in all populations. The greater reductions were observed for the character NR in the R^- subpopulation, for FF in E^+ and for AP, AE and PG in E^- . The heritability did not change significantly after five cycles of selection.

In a general way, all populations exhibited good potential of grain yield and large variability for this character. The populations R^- and E^- , by having others desirable features are more indicated to be included in a breeding program.

The continuity of the divergent selection process may allow novel and better inferences and knowledge about the genetic bases of these populations.

1 - INTRODUÇÃO

O milho não só é uma das culturas mais bem estudadas do ponto de vista da genética, como também é uma das mais trabalhadas em termos de melhoramento. É nela que maiores progressos se obteve, principalmente através do uso do milho híbrido.

Embora já tenham sido obtidos ganhos substanciais em produtividade, existem ainda amplas possibilidades de melhoramento. Assim, a busca de ganhos adicionais através da seleção, tem sido complementada com esforços para melhoramento de caracteres agronômicos importantes que, direta ou indiretamente, terão influência no rendimento total da cultura.

Parte desse esforço, tem sido dirigido para a redução da altura da espiga. Esta, é apontada por alguns autores como uma das responsáveis pelo acamamento e/ou quebramento de plantas, (JOSEPHSON e KINCER, 1977). Portanto, a redução deste caráter pode refletir-se em um ganho indireto, ocasionado pela diminuição de perdas antes e durante a colheita.

Estudos mais recentes tem mostrado também, uma maior preocupação com a melhor eficiência fotossintéti-

ca, ou um melhor aproveitamento dos produtos sintetizados pela planta de milho, (MOCK e PEARCE, 1975). Com relação a este último aspecto, diversos autores têm observado que uma parte da energia sintetizada pela planta é consumida na produção de pólen. Segundo estimativas de KIESSELBACH (1949), para cada óvulo que se desenvolve em grãos uma planta libera em média 25.000 grãos de pólen. O tamanho do pendão também tem influência sobre a prolificidade e dominância apical pelo controle de produção de ácido indolacético (ANDERSON, 1971) e interfere também na interceptação da radiação solar pelas folhas de milho (DUNCAN et alii, 1967). Assim, o melhoramento genético visando a redução do tamanho do pendão pode contribuir para a obtenção de uma planta mais eficiente na conversão de nutrientes em grãos. Segundo MOCK e SCHUETZ (1974) o melhor critério para dimensionar o pendão é o número de ramificações (NR), por ser de fácil avaliação.

No presente trabalho, foram estudadas progênies de irmãos germanos obtidas de cruzamentos em cadeia na população original ESALQ PB1 (PO) e em quatro subpopulações desta, submetidas à seleção divergente para número de ramificações do pendão (NR) e altura de inserção de espigas (AE). Os cruzamentos em cadeia permitem que uma planta seja avaliada através de duas progênies diferentes, o que deve refletir em aumento da eficiência da seleção (LONNQUIST, 1961).

Por outro lado, estas técnicas de avaliação e seleção, associadas ao conhecimento de genética quantitativa e as técnicas experimentais apropriadas, foram reunidas no presente trabalho com o objetivo de se analisar a variabilidade genética presente para diversos caracteres de importância agronômica nas quatro subpopulações e compará-las com a população original.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Parâmetros genéticos e correlações em milho

A variabilidade genética é o fator primordial para o sucesso de um programa de melhoramento, sendo que em milho, grande parte dos esforços estão concentrados nos caracteres quantitativos. Segundo VENCOVSKY (1987) a maior complexidade genética destes, aliados à erros experimentais e efeitos do meio ambiente que sempre estão presentes, obrigam a se utilizarem de técnicas específicas no tratamento dos mesmos, com o fim de separar e interpretar as variações genéticas e ambientais.

As estimativas dos componentes de variância genética em milho, envolvem, de um modo geral, populações F₂, variedades de polinização livre, híbridos e linhagens. Em termos gerais, os efeitos epistáticos não são considerados na maioria dos trabalhos, pois, segundo HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), a estimativa deste componente envolve procedimentos estatísticos complexos e, via de regra, estão associados à erros de estimativas de grande magnitude. No entanto, reconheceram os autores que no cruzamento entre linhagens elites de milho, tem-se observado evidências de efeitos epistáticos.

Com relação à variância genética dominante, SOARES FILHO (1987), relatou ser esta de grande importância para caracteres cuja expressão fenotípica, a exemplo da produção de grãos, possam ser intencionalmente direcionadas com base no emprego da heterose. Porém, é no conhecimento da variância genética aditiva que se fundamenta a maioria dos programas de melhoramento de populações em milho. Esta, corresponde à porção herdável da variância genética total e através deste componente é que são estimados o coeficiente de herdabilidade, o progresso esperado com a seleção, a correlação genética entre caracteres e a resposta correlacionada esperada com a seleção.

As estimativas dos componentes de variância genética são obtidas através de delineamentos genéticos apropriados, os quais baseiam-se fundamentalmente no grau de parentesco entre os indivíduos que constituem as progênes geradas nos cruzamentos. A composição da variância genética, está relacionada com o tipo de progênie utilizada e as diferenças entre a quantidade de variância que cada uma explora, (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988).

São de grande utilidade os delineamentos I e II, propostos por COMSTOCK e ROBINSON (1948); os quais permitem estimar as variâncias genéticas aditiva e dominante, e o grau médio de dominância. No Brasil, tem-se utilizado com frequência as famílias de meios irmãos para estimação da variância genética aditiva ao nível intrapopu-

lacional (VENCOVSKY et alii, 1987).

O método que utiliza progênie de irmãos germanos, proposto por HARLAND (1946), também tem sido utilizado, porém, já com diversas modificações. LONNQUIST (1961) sugeriu que as progênie de irmão germanos fossem obtidas através de cruzamentos em cadeia ao invés de cruzamentos pareados. Neste caso, um mesmo genótipo é avaliado através de cruzamentos de duas progênie distintas, ao passo que nos cruzamentos pareados, os genótipos são avaliados uma única vez. A dupla avaliação de um genótipo, resulta em maior precisão das estimativas e melhora o ganho de seleção, sendo o método recomendado para populações que já tenham sido submetidas a outros ciclos de seleção. COMSTOCK (1964) relatou que na seleção recorrente intrapopulacional, o método de melhor eficiência é o que utiliza progênie S1, seguindo-se depois os métodos que utilizam progênie de irmãos germanos.

LONNQUIST (1961) em um programa de seleção divergente para produção de grãos, comparou os dois métodos de obtenção de progênie de irmãos germanos. Para o caso de irmãos germanos obtidos através de cruzamentos pareados, obteve ganhos de + 3,5 % e - 6,1 % com seleção para aumentar e diminuir o caráter. Já com progênie de irmãos germanos obtidos através de cruzamentos em cadeia, obteve ganhos de +10,6% e -4,9 % respectivamente. BENITEZ TORRES (1986) também relatou a eficiência do método. VALOIS

(1982), comparando 3 tipos de progênies de irmãos germanos intrapopulacionais obteve estimativas de ganho de seleção da ordem de 0,306 Kg/5m² para progênies de IG recíprocos com recombinação de progênies S₁; 0,245 Kg/5m² para IG, com recombinação de IG e 0,148 Kg/5m² para IG obtidos de cruzamentos em cadeia.

Aspectos teóricos do modelo foram estimados e utilizados por MIRANDA FILHO (1982) e utilizados por BENITEZ TORRES (1986) para estimação de parâmetros genéticos em progênies de irmãos germanos obtidos através de cruzamentos em cadeia em 2 populações de milho. Foram avaliados três caracteres, sendo que o autor relatou que os valores encontrados foram da mesma ordem de magnitude daqueles obtidos por outros autores que utilizaram-se de outros delineamentos genéticos.

Com relação à utilização de delineamentos genéticos, VENCOVSKY (1987) alertou para o fato de que tais modelos não explicam a totalidade dos fenômenos genéticos envolvidos mas são úteis para explicar grande parte das observações e dos detalhes do melhoramento do milho.

Outro aspecto de grande importância trata da associação entre caracteres. ROBINSON *et alii* (1951) ressaltaram que estas apresentam um grande valor prático, visto que a seleção em um caráter, inevitavelmente, vai provocar modificações em diversas outras características de valor agrônômico. Dentre as causas responsáveis pela

correlação genética entre caracteres, tem-se o pleiotropismo e o desequilíbrio de ligação gênica (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1988; VENCovsky, 1987). O primeiro caso ocorre quando um ou mais genes afetam simultaneamente diferentes passos fisiológicos, enquanto que o segundo refere-se à genes localizados em um mesmo cromossomo, com tendência a serem transmitidos em conjunto. A correlação entre caracteres, pode ainda ser explorada no melhoramento, através da seleção indireta. Esta segundo FALCONER (1960), pode ser efetiva quando a herdabilidade do carácter secundário é maior que a herdabilidade do carácter primário, ou quando a correlação entre os caracteres for substancial.

Nesta revisão é dada ênfase especial aos caracteres que foram submetidos à seleção divergente (número de ramificações do pendão e inserção de espigas). Entretanto, outros caracteres foram avaliados e referências são feitas para fins comparativos.

Para a produção de grãos, HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) relataram os valores de variância aditiva mais expressivos para compostos (721,9), F_2 (585,1) e variedades de polinização livre (503,8); os valores médios são expressos em $(g/pl)^2$ e foram obtidos com 10, 24 e 37 estimativas respectivamente. No Brasil, VENCovsky et alii (1987) relataram um valor médio de σ^2_A de 309 $(g/pl)^2$ através de 58 estimativas obtidas com progênies de meios irmãos.

Para florescimento feminino, KASSOUF e MIRAN-

DA FILHO (1984) trabalhando com progênies S_1 e irmãos germanos da subpopulação ESALQ PB1 selecionada por dois ciclos para menor altura de inserção de espigas, relataram valores de variância aditiva de 7,71 para progênies S_1 e 5,24 para progênies de irmãos germanos. RODRIGUES (1991) estudou o caráter em compostos de milho obtendo resultados algo semelhantes aos valores médios citados por HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) e também próximo dos valores relatados por KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984).

As estimativas para o caráter prolificidade são muito influenciadas pelo ambiente. MARIANI e DESIDÉRIO, (1975) e ORDAS e STUCKER (1977) relataram que em baixas densidades, a variância aditiva foi bem maior que a dominante ao passo que em altas densidades, a diferença já não foi tão expressiva. SOARES FILHO (1987) trabalhando com duas populações em dois ambientes, relatou valores de σ_A^2 entre 4,117 (espigas $\times 10^3$) à $37,524 \times 10^{-3}$. HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) relataram um valor médio de σ_A^2 de 45,9 (espigas $\times 10^3$) com base em 39 estimativas. A correlação do caráter com produção de grãos é alta, havendo relatos de ganhos de seleção para produção quando selecionou-se apenas para prolificidade (LONNQUIST, 1967; PATERNIANI, 1980 e COORS e MARDONES, 1989), ou ganhos de seleção para prolificidade quando selecionou-se apenas para produção (SEGOVIA, 1983; REEDER et alii, 1987; e SOARES FILHO, 1987).

2.2. Tamanho do Pendão

O alto índice de produtividade obtido pela cultura do milho nos países desenvolvidos, tornam o melhoramento genético desta espécie cada vez mais complexo e os ganhos de seleção mais difíceis. Assim, os programas de melhoramento da cultura nesses países, voltam-se hoje mais para a eficiência da planta, sendo que em muitas ocasiões, tais caracteres envolvem muitos processos fisiológicos.

Isto levou diversos pesquisadores a desenvolverem um ideotipo de planta adaptado à essas condições de cultivo, e que em geral, são de clima temperado e localizados em altas latitudes. MOCK e PEARCE (1975) idealizaram uma planta de milho adaptada à ambientes altamente favoráveis à produção, caracterizados por condições adequadas de umidade, fertilidade e temperatura, e adaptados a altas densidades de plantio. Para tal situação, um dos atributos das plantas, deveria ser, segundo os autores, o menor tamanho do pendão.

As indagações acerca do efeito do pendão sobre a produtividade datam desde o final do século passado quando recomendava-se a prática do despendoamento para aumento da produtividade. Diversos trabalhos foram conduzidos com versões de cultivares macho estéreis e macho férteis e com plantas dependoadas ou com pendão, tentando

explicar a influência do pendão através da sua competição com a espiga por nutrientes. DUNCAN *et alii* (1967), através de simulações realizadas em computador, demonstraram que 9% da insolação diária pode ser interceptada pelos pendões em densidade de 50.000 plantas/ha, e até 18% da insolação em plantios mais adensados, provocando perdas de até 10% na produção de grãos devido ao sombreamento. GERALDI *et alii* (1985); SOARES FILHO (1987) e ANDRADE (1988), fizeram um amplo relato dos trabalhos publicados, os quais justificam uma ou outra das duas teorias aqui mencionadas.

Baseados nos ideotipos de planta traçados entre outros por ANDERSON (1967) e MOCK e PEARCE (1975), programas de melhoramento tiveram início objetivando a redução do tamanho do pendão. Além disso, os campos de produção de sementes de híbridos demonstraram claramente que as plantas de milho produzem uma quantidade excessiva de pólen, e que esta poderia ser reduzida em pelo menos 60% sem prejuízos na polinização. Desta forma, a obtenção de plantas com pendões menores, já representaria uma economia de fotossintetizados, a qual poderia ser revertida para a produção de grãos.

Os primeiros trabalhos foram realizados visando o conhecimento da base genética, variabilidade e coeficientes de herdabilidade para caracteres relativos ao tamanho do pendão, como peso, comprimento e número de ramificações. Destes, MOCK e SCHUETZ (1974) verificaram que

o melhor critério para dimensionar o pendão seria o número de ramificações, NR. Constataram ainda que tal caráter tem herança quantitativa com um número mínimo de 8 fatores genéticos envolvidos e herdabilidade superior à 50%, indicando que ganhos expressivos podem ser conseguidos através de métodos simples de seleção. A expressão do caráter dependente em sua maior parte dos efeitos gênicos aditivos, embora verifica-se também a ocorrência de efeitos gênicos dominantes no sentido de aumentar a expressão do caráter (RUSSEL, 1971 e 1976).

No Brasil, o primeiro estudo sobre o assunto foi relatado por GERALDI (1977), com a estimação de alguns parâmetros genéticos em 3 populações de milho para os caracteres peso de pendão, comprimento e número de ramificações. Os dados confirmaram os relatos de MOCK e SCHUETZ (1974) de que NR é o melhor caráter para dimensionar pendão, obtendo-se para este, estimativas de variância aditiva média de 10,76 (unidades/plt) e herdabilidade média ao nível de plantas de 45,8%. **A Tabela 1**, contém um resumo dos trabalhos realizados com o caráter NR e as estimativas de seus parâmetros genéticos. Para a variância aditiva, tem-se uma amplitude de 4,0 a 53,10 (u/plt), sendo a média de 30 estimativas igual à 20,47 (u/plt). A herdabilidade ao nível de plantas, variou de 24,48 à 86,30%, estando a média de 24 estimativas em 52,54%, ao passo que herdabilidade ao nível de médias variou de 52,30 à 97,10%

com média de 23 estimativas estando em 74,26%. Os autores tem concordado que o caráter exibe alta herdabilidade e que ganhos expressivos podem ser conseguidos através de métodos simples de seleção.

A mesma concordância não existe quando se trata dos caracteres correlacionados, principalmente a produção de grãos. GERALDI (1977), FAKOREDE e MOCK (1978), FAKOREDE (1979), GERALDI *et alii* (1985), SOUZA JÚNIOR *et alii* (1985), FISCHER *et alii* (1987) e ANDRADE (1988) relataram uma associação negativa e significativa entre NR e peso de grãos (PG). Outros como LORDÊLO (1982), AGUILAR MORAN (1984), SAMPAIO (1986) e SOARES FILHO (1987), obtiveram correlações contraditórias, isto é, ora negativas, ora positivas. PATERNIANI e GERALDI (1980), selecionando para menor NR em duas populações braquíticas obtiveram ganhos de seleção significativos para o caráter, mas observaram apenas tendência de aumento na produção de grãos. AYALA OSUNA *et alii* (1986) estudando a mesma correlação em duas populações e dois híbridos, não encontraram valores significativos, embora registrassem uma tendência de correlação negativa entre NR e PG. PATERNIANI (1982), analisando a correlação entre NR e PG em cultivares do "Ensaio Nacional de Milho" da EMBRAPA-CNPMS, relatou que a correlação encontrada mostrou-se não significativa. Concordou o autor ser desejável a redução de NR porque pode promover uma redução na altura de espiga (AE).

Tabela 1 - Estimativas de parâmetros genéticos obtidos por diversos autores para o caráter número de ramificações de pendão em milho

População	média	AMPLITUDE	σ_A^2	σ_D^2	h ² r%	h ² m%	CVg%	CVe%	REFERÊNCIAS
BSSS-11 X BSSS-261			53,10		53,40	89,00			MOCK e SCHUETZ (1974)
	16,00	4,8 A 32,4	10,80		86,30	97,10		11,00	OBILANA E HALLAUER (1974)
COMPOSTO DENT. BCO.	18,10		6,50		30,70				GERALDI et alii (1985)
COMPOSTO FLINT	22,40		10,56		43,40				GERALDI et alii (1985)
CENTRALMEX	18,70		15,23		63,10				GERALDI et alii (1985)
ESALQ PB1	18,40		14,12		61,62	74,07		12,05	ANDRADE e MIRANDA FILHO (1979)
PIRANÃO VD2 - 2º CICLO	20,10							7,60	PATERNIANI e GERALDI (1980)
PIRANÃO VD2 - 3º CICLO	16,40							8,00	PATERNIANI e GERALDI (1980)
PIRANÃO VF1 - 1º CICLO	25,90							8,00	PATERNIANI e GERALDI (1980)
CULTIVARES-ENS.NACIONAL	25,20	10,0 a 42,5						11,50	PATERNIANI (1981)
PIRANÃO VD2	23,80		23,44		57,22		10,16	9,44	LORDÊLO (1982)
PIRANÃO VF1	31,00		43,96		57,42		10,58	13,00	LORDÊLO (1982)
BSUL 1 ALTA DENSIDADE	16,20	4,8 a 31,7				78,00			SMITH et alii (1982)
BSUL 1 BAIXA DENSIDADE	50,90	29,0 a 62,4				91,00			SMITH et alii (1982)
SINTÉTICO FLINT	25,50		23,73		48,44	52,30	9,54	11,80	AGUILAR MORAN (1984)
SINTÉTICO DENTE	21,90		27,68		67,48	63,02	12,01	14,00	AGUILAR MORAN (1984)
ESALQ PB1 - S1 (AE-)	19,30		16,17			89,50		14,20	KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984)
ESALQ PB1 - IG (AE-)	16,30		18,88			83,40		16,90	KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984)
ESALQ PB1	24,04		28,00		56,98	65,69		13,80	SANTOS (1985)
CRAVO X E.B1	23,13		22,38		48,17	63,30		13,47	SANTOS (1985)
ENTRELAÇADO X E.PB1	28,28		36,60		62,56	70,81		11,89	SANTOS (1985)
SUWAN	23,11	17,49 a 33,2	28,55		64,30		11,56	9,44	SOUZA Jr.et alii (1985)
COMP. DENTADO	26,10								AYALA OSUNA et alii (1986)
COMP.FLINT	27,77								AYALA OSUNA et alii (1986)
HMD. 7974	23,54								AYALA OSUNA et alii (1986)
G 6491	24,37								AYALA OSUNA et alii (1986)

.../

Tabela 1 - continuação...

População	média	AMPLITUDE	σ_A^2	σ_D^2	h2r%	h2m%	CVg%	CVe%	REFERÊNCIAS
ESALQ PB4	23,91	23,34 a 25,5	23,60		61,77	71,75	10,16	11,04	SAMPAIO (1986)
ESALQ PB5	24,25	21,58 a 25,7	28,17		64,25	74,51	10,94	11,08	SAMPAIO (1986)
BS 10 - Co	17,60		11,10	0,40					REEDER et alii (1987)
BS 10 - C6	18,50		9,70	-4,10					REEDER et alii (1987)
BS 11 - Co	22,10		12,30	-0,60					REEDER et alii (1987)
BS 11 - C6	17,20		4,00	5,40					REEDER et alii (1987)
PIRANÃO VD 2B (CAT)	19,81		20,50		66,27	62,78	11,43	12,44	SOARES FILHO (1987)
PIRANÃO VD 2B (A .STA)	14,60			10,60		48,94	65,16	11,20	16,37 SOARES FILHO (1987)
PIRANÃO VF 1B (CAT)	28,34		27,79		55,11	55,40	9,30	11,80	SOARES FILHO (1987)
PIRANÃO VF 1B (A.STA)	19,50		17,34		46,56	63,20	10,59	16,17	SOARES FILHO (1987)
ESALQ PB2 ($\sigma_D^2 = \sigma_A^2$)	21,20		10,80		24,48	70,20			MARQUES (1988)
ESALQ PB2 ($\sigma_D^2 = 0$)	21,20		12,10		27,54	79,02			MARQUES (1988)
ESALQ PB3 ($\sigma_D^2 = \sigma_A^2$)	15,60		21,80		30,30	77,93			MARQUES (1988)
ESALQ PB3 ($\sigma_D^2 = 0$)	5,60		24,50		34,08	87,67			MARQUES (1988)

Como ressaltado por SOARES FILHO (1987), presume-se que em ambientes propícios à cultura do milho, a associação entre PG e NR, pode ser positiva, sendo ao contrário, tanto mais negativa quanto menos adequadas forem as condições de cultivo. DUNCAN *et alii* (1967) e BUREN *et alii* (1974), já relataram a tendência que existe do despendoamento ou a macho esterilidade em aumentar a tolerância a altas densidades de plantio, principalmente pela diminuição do número de plantas sem espigas. HUNTER *et alii* (1969) relataram que em altas densidades de plantio, ganhos em PG são possíveis através da diminuição de NR. SMITH *et alii* (1982), estudando tal correlação em alta e baixa densidade de plantio, concluíram que a correlação entre NR e PG foi negativa e altamente significativa em alta densidade de plantio e embora significativa para baixa densidade, esta foi de menor magnitude. Os dados mostraram também uma correlação positiva entre NR e número de plantas sem espigas. Tal fato, está em consonância com a hipótese de SUBANDI e COMPTON (1974), de que NR pode ser considerado como prolificidade masculina e, portanto, teria uma correlação com PG de mesma magnitude, porém, inversa à correlação existente entre prolificidade e PG.

Inúmeros são os autores que têm relatado a alta correlação existente entre prolificidade (PRO) e PG, como LONNQUIST (1967), SUBANDI e COMPTON (1974), SOUZA JÚNIOR *et alii* (1985) e COORS e MARDONES (1989). No entan-

to, a exemplo de NR, HALLAUER (1974) relatou que prolificidade também é um caráter influenciado pelo ambiente, sugerindo inclusive, praticar-se sua seleção em altas densidades de plantio. JOSEPHSON (1961), observou que genótipos prolíficos quando cultivados em altas densidades de plantio, emitiram pelo menos uma espiga por planta, não citando o autor qualquer influência do pendão. SOUZA JÚNIOR *et alii* (1985), porém, afirmaram que o caráter primariamente correlacionado com NR é a prolificidade, o que de certa forma vem confirmar a teoria da dominância apical (PATERNIANI, 1981).

Não está claro porém até que estágio do desenvolvimento da espiga o pendão pode interferir. Segundo GOMES e KARASAWA (1982), considerando-se uma planta de milho de ciclo precoce, em nossas condições, a formação do pendão inicia-se quando a planta apresenta oito folhas totalmente emergidas (aproximadamente 32 dias após a emergência). Com 14 folhas totalmente emergidas, o pendão já está totalmente desenvolvido. O início do aparecimento do pendão vai ocorrer ao redor de 64 dias após a emergência, (16 folhas totalmente emergidas). Nesta época, é que ocorre o despendoamento das plantas em campos de produção de sementes de híbridos. A inflorescência feminina inicia seu desenvolvimento um pouco mais tarde, quando a planta apresenta-se com 10 folhas totalmente emergidas. Nesta fase, segundo MOSTUT e MARAIS (1982), a competição por

nutrientes afeta justamente o número de grãos. GERALDI *et alii* (1985) também observaram uma correlação negativa entre NR e peso de grãos. POEY *et alii* (1977) relataram que o despendoamento cuidadoso, pode refletir em um aumento na produção de grãos, principalmente em altas densidades de plantio. Resta saber, se tal aumento é provocado pelo desenvolvimento de um maior número de grãos por espiga ou se é consequência do aumento no peso dos grãos.

Tal fato tem importância no sentido de se quantificar qual o efeito da competição por nutrientes e qual o efeito do sombreamento sobre a produção final de grãos. Estudos realizados por KIESSELBACH (1950), BINGHAN (1969) e KOLLER e MUNDSTOCK (1972), indicaram que a matéria seca a ser destinada à produção de grãos, é fotossintetizada após a formação da espiga. KOLLER e MUNDSTOCK (1972) e D'AYALA VALVA (1979) acrescentaram ainda que cabe maior importância à fotossíntese realizada durante o período de enchimento de grãos. No entanto, deve-se atentar ainda para o fato mencionado por autores como EASTIN (1970) e EDMEADES *et alii* (1979) de que as folhas mais próximas da espiga é que contribuem com a maior proporção de fotoassimilados para o seu crescimento. O mesmo foi constatado por PENDLETON *et alii* (1968), WILLIAMS *et alii* (1968) e SINCLAIR e LEMON (1974) os quais verificaram que o aumento na produção de grãos não está associado diretamente com a taxa de crescimento total da cultura, mas sim com a

maior iluminação das folhas adjacentes às espigas em crescimento. A influência da melhor iluminação das folhas próximas à espiga foi confirmada também pelos trabalhos de POZAR (1981) e SILVA (1984).

O primeiro autor, trabalhando com três populações de base genética semelhante, e diferindo apenas no tipo de inserção das folhas (normal, folhas eretas e folhas espetadas), relatou que a posição mais vertical das folhas foi efetiva na diminuição do número de plantas estéreis, principalmente sob altas densidades de plantio. LAMBERT e JOHNSON (1978) combinando dependoamento, não despendoamento e remoção das ramificações laterais com 3 tipos de inserção de folhas chegaram a conclusões algo semelhante, isto é, de que o efeito de sombreamento foi maior nos tipos de folha normal e menor nos tipos de folha mais ereta. Já o segundo autor, trabalhando com dois modelos diferentes de distribuição de plantas no campo (distribuição convencional e distribuição quinconcial), observou que este último modelo, levou as plantas a terem as folhas superiores mais eretas com consequente melhor iluminação das folhas mais próximas da espiga, as quais mostraram-se também mais produtivas.

Demonstra-se assim, que também o efeito do sombreamento é complexo e não deve ser atribuído unicamente ao pendão. De acordo com MOSS e STINSON (1961) e EARLEY et alii (1966), a tolerância diferencial ao sombreamento é

também um fato em relação às cultivares de milho. FISCHER *et alii* (1987), afirmaram que os milhos tropicais são mais sensíveis à redução dos níveis de fotossíntese por planta na época do florescimento do que milhos de clima temperado. LOOMIS e WILLIAMS (1969) acrescentaram ainda que as cultivares de milho das regiões tropicais também apresentam folhas mais largas, mais densas, arrançadas em um padrão dístico no colmo e separadas verticalmente por uma distância menor que duas vezes a largura das folhas. Isto, segundo os autores, provoca um severo sombreamento das folhas imediatamente inferiores com consequente ineficiência na intercepção da radiação solar.

Diante de tais fatos, FISCHER *et alii* (1987) desenvolveram um trabalho de melhoramento em três populações de milho tropical, com ênfase na redução do número de ramificações do pendão, ou redução no tamanho da área foliar acima da espiga e conjuntamente para os dois caracteres. Os resultados indicaram que seleção, tanto para um quanto para outro caráter foi eficiente para melhorar também o rendimento de grãos das populações. No entanto, concluíram que seleção conjunta para os dois caracteres foi mais eficiente para se obterem ganhos em rendimento, observando ainda que a planta deveria exibir uma maior separação vertical entre as folhas acima da espiga. Os autores acrescentaram também que a seleção para menor NR foi de qualquer forma vantajosa, pois reduziu a dominância apical, melhorou

o suprimento de nutrientes da espiga e reduziu o efeito de sombreamento pelo pendão, resultados estes que concordam com as teorias de PATERNIANI (1981), HUNTER *et alii* (1969) e DUNCAN *et alii* (1967) respectivamente. LAVENDOVSKI (1987) também argumentou que os trabalhos de melhoramento visando unicamente a produção de grãos, tem levado a planta a alocar recursos para as sementes, os quais são provenientes, via de regra, do colmo e das folhas, mais do que da palha, sabugo e pendão. Assim qualquer redução nestes últimos, pode ser revertida para os grãos sem prejuízo de outros caracteres agronômicos importantes como a qualidade do colmo por exemplo.

A associação entre caracteres é por demais complexa, o que justifica os resultados nem sempre consistentes obtidos para as correlações entre NR e peso de grãos. CAMUSSI *et alii* (1989) comentaram que a relevância dos parâmetros fisiológicos aparentam não serem independentes da constituição genética dos materiais e este fato deve ser considerado nos programas de melhoramento que são baseados nos componentes de produção. BRUNINI *et alii* (1983) acrescentaram que variáveis ambientais como temperatura, fotoperíodo, radiação solar e precipitação pluviométrica influem decisivamente sobre a produção e, portanto, sobre seus componentes, existindo ainda resposta varietal diferenciada para cada um desses fatores.

A complexidade dos parâmetros fisiológicos foi exemplificada por MOLLARETTI *et alii* (1987) e CAMUSSI *et alii* (1989). Os primeiros autores, estudando a concentração de nitrogênio em diversas partes da planta por ocasião do florescimento, verificaram que existe uma variabilidade muito grande entre os genótipos e que a eficiência na utilização está na capacidade da planta em deslocar o nitrogênio presente no colmo e folhas para enchimento de grãos. Isto demonstra que não basta "economizar" nitrogênio do pendão, mas sim, que a planta posteriormente, destine corretamente esse nitrogênio para os grãos. CAMUSSI *et alii* (1989), analisando a taxa de troca de CO_2 , concluíram que esta parece ter maior importância em plantios adensados ou condições de estresse; demonstrando que para o estudo de correlações, certas variáveis deveriam ser fixadas a fim de diminuir sua interferência nos resultados. Um exemplo marcante, é a influência da densidade de plantio sobre a prolificidade. Como relatado por SOUZA JR. *et alii* (1985), este é o caráter primariamente correlacionado com NR. No entanto, HALLAUER (1974) relatou que prolificidade, apesar de ter herança quantitativa, é de distribuição discreta, o que leva a crer que a emissão de espigas depende de certos regimes de umbrais controlados por processos fisiológicos e associados à condições de ambiente para a manifestação do caráter. Evidencia-se, portanto, não só a complexidade das associações entre outros caracteres com a produção de

grãos, como também demonstra uma certa dificuldade para o estabelecimento de padrões que permitam a recomendação da seleção para rendimento com base em caracteres correlacionados.

Os relatos sobre correlações entre NR e outros caracteres são ainda mais escassos e não menos contraditórios. Os dados encontrados na literatura são apresentados na **Tabela 2** e podem ser resumidos da seguinte forma:

Para as associações entre NR e altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e posição relativa da espiga (PRE), correlações positivas foram descritas por OBILANA e HALLAUER (1977), ANDRADE e MIRANDA FILHO (1980) e AYALA OSUNA *et alii* (1986), ao passo que LORDÊLO (1982), AGUILAR MORAN (1984), SAMPAIO (1986) e SOARES FILHO (1987), relataram a obtenção de correlações ora positivas, ora negativas. SOARES FILHO (1987) atribuiu tal fato não somente às características populacionais, mas também às condições de ambiente que podem interferir na expressão de tais caracteres. PATERNIANI (1982), relatou uma correlação alta e significativa entre NR e PRE a qual se deveu segundo o autor, à dominância apical exercida pela inflorescência masculina. OBILANA e HALLAUER (1974), através de seus resultados, concluíram que a associação é mais forte entre NR e AE do que entre NR e AP, o que de certo modo confirma os dados obtidos por PATERNIANI (1982) e também com a

teoria da dominância apical (PATERNIANI, 1981). Portanto, a seleção para pendões menores deve ser mais eficiente em reduzir AE do que AP, reduzindo consequentemente PRE.

TABELA 2. Estimativas de correlações genética aditiva (r_a) e fenotípicas, (r_f) ao nível de média de famílias envolvendo associações do caráter número de ramificações do pendão (NR) com peso de grãos (PG), altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), posição relativa das espiga (PRE) e prolificidade (PRO)

POPULAÇÃO	PG		AP		AE		PRE		PRO		REFERÊNCIAS
	r_A	r_f	r_A	r_f	r_A	r_f	r_A	r_f	r_A	r_f	
	-0,120	-0,110	0,090	0,090	-0,010	0,010					OBILANA e HALLAUER (1974)
ESALQ PB1			0,361	0,168	0,436	0,205	0,277	0,138			ANDRADE e MIRANDA F.(1980)
PIRANÃO VD2	0,112	0,071	0,050	0,021	0,219	0,103	0,215	0,095			LORDELO (1982)
BSUL 1 (a)		-0,230									SMITH et alii (1982)
BSUL 1 (b)		-0,160									SMITH et alii (1982)
SINTÉTICO FLINT	-0,028	-0,157*	-0,046	0,020	-0,269	0,022	0,040	0,125			AGUILAR MORAN (1984)
SINTÉTICO DENTE	0,040	0,113	0,363	0,289**	0,389	0,262**	0,144	0,133			AGUILAR MORAN (1984)
SUWAN		-0,318	-0,184	-0,111	-0,062	-0,037	0,094	0,079	0,648	0,298	SOUZA JR et alii (1985)
COMP DENT.BRANCO	-0,441	-0,204									GERALDI et alii (1985)
COMP. FLINT		-0,339									GERALDI et alii (1985)
CENTRALMEX	-0,501*	-0,241									GERALDI et alii (1985)
COMP. DENTADO	-0,642*	-0,020		0,36*		0,46*		0,46*			AYALA O.et alii (1986)
COMP. FLINT	-0,709*	0,120		0,16		0,23		0,22			AYALA O.et alii (1986)
HMD 7974		-0,280		0,10		0,48**		0,51**			AYALA O.et alii (1986)
G 6491		-0,130		0,55*		0,46**		0,25			AYALA O.et alii (1986)
ESALQ PB4			0,193	0,210	0,308	0,308	0,369	0,258	0,070	0,104	SAMPAIO (1986)
ESALQ PB5			-0,127	0,001	-0,100	0,073	0,161	0,262	0,094	0,060	SAMPAIO (1986)
CULTIV.DO ENS. NACIONAL		0,19						0,32**			PATERNIANI (1982)
PIRANÃO VD2B (c)	-0,004	0,098	0,112	0,140	0,337	0,273			0,027	0,016	SOARES F. (1987)
PIRANÃO VD2B (d)	-0,168	0,253	-0,009	0,101	0,041	0,141			0,203	0,000	SOARES F. (1987)
PIRANÃO VF1B (c)	-0,058	-0,056	-0,167	0,016	-0,209	0,043			0,630	0,950	SOARES F. (1987)
PIRANÃO VF1B (d)	-0,194	0,290	0,036	0,146	0,135	0,227			0,045	0,130	SOARES F. (1987)

(a) Alta densidade (b) Baixa densidade (c) Cartepilar (d) Água Santa

SMITH *et alii* (1982), obtiveram correlação alta e negativa entre NR e prolificidade. Como ressaltado por JOSEPHSON (1961), DUVICK (1974) e MARECK e GARDNER (1979), genótipos prolíficos apresentam menor percentagem de plantas sem espiga quando em altas densidades, o que concorda com a hipótese de ANDERSON (1971) de que a prolificidade deve-se à redução da dominância apical exercida pelo pendão. Face a tal raciocínio, é de se esperar que a redução em NR, pode aumentar a prolificidade e, consequentemente, diminuir o número de plantas sem espigas quando em altas densidades. Vale ressaltar, que tal correlação também é complexa. Segundo HARRIS *et alii* (1976), o desenvolvimento da espiga também mostra efeito de dominância apical e a emissão de mais de uma espiga é extremamente dependente de uma adequada sincronização de florescimento que ocorre desde a antese até a emergência dos estilo-estigmas das duas espigas. Além do mais, como já citado anteriormente, a expressão do caráter prolificidade é de distribuição discreta e deve estar sujeita à regime de umbrais, sendo portanto, influenciada, principalmente, pelos fatores que dizem respeito aos aspectos nutricionais das plantas.

ANDRADE (1988), analisando o comportamento de 4 subpopulações derivadas da população ESALQ PB1, por 3 ciclos de seleção divergente para NR ou AE, relatou que seleção para maior NR foi efetiva não só para aumentar a expressão do caráter, como também provocou aumentos em AE,

AP e PRE e diminuições em PRO, PG e peso de espigas (PE). Os três ciclos de seleção para menor NR, foram efetivos também em diminuir AE, AP e PRE e aumentar PRO, PG e PE. A seleção para maior AE, também aumentou a expressão dos demais caracteres em questão (AP, PRE, PRO, PG, PE e NR). Seleção para menor AE provocou um decréscimo em AP, PRE e NR, aumentos em PG e PE e praticamente não alterou o caráter PRO.

2.3. Altura de espigas

As cultivares de milho nacionais, caracterizavam-se por apresentarem porte de planta e altura de espigas excessivamente elevadas. Estas são na verdade, segundo JOHNSON *et alii* (1986), as características predominantes no germoplasma de milho tropical. Possuem estes ainda, folhas com área maior e pendões maiores quando comparados com o germoplasma de clima temperado. FISCHER *et alii* (1987), ressaltaram que este ideotipo é fruto da estratégia evolutiva dos milhos tropicais, devido, principalmente a forte competição com as pragas, doenças e plantas daninhas.

Atualmente, com a tecnificação da lavoura, tais estratégias tornam-se desnecessárias, ou até mesmo problemáticas. Assim, a ênfase dada nos dias atuais para a redução do porte da planta e altura da espiga, justifica-se, pela busca de uma planta cuja arquitetura permita maior

resistência ao acamamento e maior adaptação à colheita mecânica (MIRANDA FILHO, 1974; ANDRADE, 1988).

De acordo com JOSEPHSON e KINCER (1977) a redução de AE sem redução de AP, diminui o efeito de alavanca que exerce uma espiga localizada muito alta no colmo, podendo contribuir assim para um menor índice de acamamento. A alta correlação existente entre AP e AE justifica a ênfase dada para seleção em um único caráter que é AE. ACOSTA e CRANE (1972), entre outros, relataram progressos obtidos na diminuição de AP quando selecionaram para menor AE. ANDRADE (1988) praticando seleção divergente para AE, obteve ganhos nas mesmas direções também para AP.

Os caracteres AP e AE podem ser alterados através de genes maiores ou através de poligenes. No Brasil, deu-se ênfase ao gene recessivo "braquítico 2", obtendo-se muitas populações de porte baixo graças à transferência desse gene. ZIMBACK (1985) apresentou uma revisão sobre este assunto. Atualmente, os programas de melhoramento estão buscando a redução de AP e AE através de poligenes, pois, como ressaltado por SINGH et alii (1977), a utilização do gene braquítico 2 traz consigo caracteres indesejáveis como folhas mais largas e espessas, menor transmissão de luz para folhas próximas da espiga, dossel espesso e altura de planta, às vezes, excessivamente baixa.

Os estudos sobre os componentes de variação genética indicam que estes caracteres são controlados

predominantemente por genes com efeitos aditivos e com dominância parcial (GARDNER, et alii 1953; ROBINSON et alii, 1955; STUBER et alii 1966; HALLAUER 1971). No entanto, PAL et alii (1986) relataram um forte efeito de dominância para AP, sendo que ROOD e MAJOR (1981) e SINGH et alii (1985) encontraram evidências de sobredominância para o mesmo caráter, embora isso não ocorra para AE. A teoria da sobredominância para AP, pode ser atribuída, segundo ROOD e MAJOR (1981), a efeitos multiplicativos. Um desses efeitos seria a sobredominância para maior comprimento de internódio, conforme descrito por GIESBRECHT (1961).

MORAES (1989) realizou um extenso levantamento sobre as estimativas de parâmetros genéticos publicados para AP e AE. Para as populações de milho brasileiras, os dados de 36 estimativas mostraram que a variância aditiva teve uma amplitude de 10,0 à 698,0 cm² para AP e de 10,0 à 548,0 cm² para AE. O valor médio da variância aditiva foi de 278,0 cm² para AP e de 188,0 cm² para AE. A herdabilidade média ao nível de parcelas foi de 63,4 % para AP e 63,78 % para AE. Os dados completos sobre os demais parâmetros levantados pelo autor, tanto para as populações nacionais, como para as populações estrangeiras, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Resumo das estimativas de parâmetros genéticos para altura de plantas e altura de espigas obtidas por diversos autores em populações de milho nacionais e estrangeiras. Dados compilados por Moraes (1989)

POPULAÇÕES DE MILHO BRASILEIRAS				POPULAÇÕES DE MILHO ESTRANGEIRAS		
	Nº DE ESTIMATIVAS	AMPLITUDE	MÉDIA	Nº DE ESTIMATIVAS	AMPLITUDE	MÉDIA
A σ_A^2 (cm)	36	10,0 à 698,0	278,0	58	110,0 à 642,0	222,64
L						
T. σ_D^2 (cm)	1	-	50,0	52	20,0 à 412,0	52,37
D h_m^2	32	13,38 à 167,37	63,14	49	11,50 à 64,60	55,93
E						
CVg	22	2,03 à 8,07	4,44	-	-	-
P						
L CVe	32	3,38 à 9,21	6,04	-	-	-
A						
N CVg/CVe	16	0,31 à 0,88	0,66	-	-	-
T						
A Gs/CICLO(%)	27	0,34 à 17,92	5,06	4	3,89 à 5,55	4,48
S						
A σ_A^2 (cm)	36	10,0 à 548,0	188,0	70	11,0 à 484,00	150,71
L						
T. σ_D^2 (cm)	1	-	36,0	58	8,00 à 85,00	13,34
D h_m^2	34	17,0 à 112,75	63,78	58	47,00 à 93,00	67,09
E						
CVg	22	3,41 à 10,34	6,68	4	7,00 à 10,10	8,95
E						
S CVe	31	2,48 à 13,77	8,55	4	4,10	4,10
P						
I CVg/CVe	16	0,36 à 0,99	0,70	-	-	-
G						
A Gs/CICLO(%)	25	0,01 à 28,40	9,16	4	8,56 à 13,75	10,76
S						

Os resultados obtidos na literatura nacional, embora carentes de informações sobre o componente de dominância, demonstram que as populações podem ter esses caracteres reduzidos, via seleção recorrente. ROOD e MAJOR (1981) relataram a grande diferença encontrada entre herdabilidade no sentido amplo e restrito, a qual dá indícios de que muito da variação existente é não fixável, o que pode diminuir o ganho de seleção para tais caracteres.

As reduções desejadas no porte da planta e altura da espiga, podem implicar em ganhos ou perdas de produção, dependendo do tipo de associação existente com os demais caracteres. JOHNSON *et alii* (1986) ressaltaram que os ganhos nos programas de melhoramento poderiam ser aumentados se houvesse um melhor entendimento do tipo de planta que é associada com a máxima produção de grãos. Isto requer, porém, um conhecimento mais profundo dos processos fisiológicos responsáveis pela expressão de cada caráter e da interação entre eles e com o ambiente.

Diversos autores têm relatado a correlação positiva existente entre AP e PG e ou AE e PG (LINDSEY *et alii*, 1962; ACOSTA e CRANE, 1972, LIMA e PATERNIANI, 1977; RISSI, 1980 e REIS *et alii*, 1982). DARRATH *et alii* (1972) encontraram correlação negativa entre AP e PG. CRISOSTOMO (1978) e SAMPAIO (1986), analisando cada qual 2 populações, encontraram correlações ora positivas, ora negativas. Tal fato, está em acordo com MIRANDA FILHO (1974) e LIMA e

PATERNIANI (1977) os quais relataram que tais correlações podem ser propriedade intrapopulacional. MAGALHÃES e SILVA (1987) observaram que em um programa de seleção para prolificidade as populações submetidas a tal processo seletivo mostraram um aumento em prolificidade, produção, AP e AE. Segundo os autores, o aumento em AP e AE decorre do maior sombreamento produzido pelo aumento do número de folhas pendentes. Assim, os indivíduos mais produtivos da população, são aqueles que possuem a espiga localizada na parte mais exposta à luz, ou seja, espigas de inserção alta em plantas altas.

Essa suposta correlação positiva entre AP e AE com produção é facilmente quebrada quando se pratica seleção combinada. JOHNSON *et alii* (1986) praticaram 15 ciclos de seleção recorrente com progênies de irmãos germanos na população "Tuxpeño Crema I" com seleção visual para menor AP. Relataram os autores que AP foi reduzida de 282 cm para 179 cm, obtendo-se um ganho médio por ciclo de 2,4%; AE foi reduzida praticamente à metade, sendo que 29% desta redução foi devido ao encurtamento dos intermédios. O melhoramento em rendimento foi atribuído ao ganho no índice de colheita que passou de 0,30 à 0,45. PANDEY *et alii* (1986), praticaram seleção combinada em 8 populações, acusando estas um ganho médio por ciclo de seleção de 1,31% para produção de grãos, -1,06% para AP; -1,77% para AE, -1,15 para a relação AE/AP e 0,87 para prolificidade.

FISCHER *et alii* (1987), baseados na teoria de que as folhas mais próximas da espiga são as maiores responsáveis pelo enchimento de grãos (TRIPATHY *et alii*, 1972; PALMER *et alii*, 1973 e MOLL *et alii*, 1975) e também nos efeitos de sombreamento provocados não só pelo pendão mas também pelas folhas acima da espiga, praticaram seleção separadamente para redução de cada um destes caracteres e em outro lote, seleção combinada. Este esquema foi aplicado em 3 populações de milho. Em todos os casos ocorreram ganhos também para produção. MARECK e GARDNER (1979) praticaram seleção para precocidade e espiga baixa em uma população previamente selecionada para rendimento. Os ganhos foram efetivos para os caracteres selecionados, não se verificando alterações no rendimento. MOLL *et alii* (1975) relataram que a associação genética entre produção e AE pode não ser linear e que pode existir um ótimo para AE que maximize a produção de grãos.

A correlação existente entre AE ou AP e acamamento, é outra que tem apresentado resultados contraditórios. ACOSTA e CRANE (1972) verificaram que a seleção para menor AE aumentou a resistência ao acamamento em uma população e a diminuiu em outra. Diversos autores tem encontrado resultados igualmente contraditórios. THOMPSON (1982) e NYHUS *et alii* (1989), selecionando para melhor qualidade do colmo, observaram uma associação deste com uma menor AP e menor produção. MARTIN e RUSSEL (1984) praticaram dez

ciclos de seleção para resistência à *Diplodia maydis* e quebra mecânica nas populações BS1MS e BS1SR. Na primeira população verificaram uma associação positiva com maior AP, maior número e comprimento de internódio e retardamento do ciclo. Na segunda, os resultados foram inversos, ou seja, a associação verificada foi com menor AP, menor comprimento de internódio e ciclo mais precoce. BERZONSKY e HAWK (1986) trabalharam com três ciclos de seleção divergente para resistência ao esmagamento de colmo. A maior resistência, segundo os autores, esteve associada com maior produção, maior AP e AE e retardamento do ciclo.

A resistência ao acamamento é hoje um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de milho, sendo este no entanto, um caráter por demais complexo. O efeito de alavanca, já citado anteriormente, pode ser um dos fatores que influem no acamamento; porém os principais causadores deste problema são o complexo de doenças que atingem o colmo e o desbalanceamento nutricional entre colmo e espiga, como já observado por LAVENDOVSKI (1987). Na verdade, a desnutrição do colmo, pode torná-los tanto mais susceptível às doenças, quanto com menor capacidade de suportar o peso das espigas. Assim, os trabalhos visando uma melhor qualidade de colmo, vão resultar, segundo MAGALHÃES e SILVA (1987), em um aumento dos sítios de consumo representado pelos órgãos vegetativos, traduzidos

pela maior resistência física do colmo. Isto pode redirecionar os produtos fotossintetizados da espiga para o colmo com consequente queda na produção. Tais fatos, de acordo com os autores, parecem indicar a necessidade de se produzir um germoplasma mais balanceado, conciliando o aumento dos sítios de produção com a maior intensidade dos sítios de consumo.

Outras associações com AP e AE menos polêmicas, são também encontradas na literatura. Menor AP e AE, tem associação positiva com prolificidade (SINGH *et alii*, 1986) e com maior precocidade (CROSS e ZUBER, 1973; TROYER e BROWN, 1972 e TROYER, 1986). ROOD e MAJOR (1981) relataram que maior AP tem correlação positiva com maior número de folhas e ciclo mais tardio. No entanto, o número de folhas pode ser afetado pela temperatura ou pelo fotoperíodo (HESKETH *et alii*, 1969 e HUNTER *et alii*, 1974), podendo alterar tal associação. De todas, a correlação mais alta está entre os dois caracteres em questão. MORAES (1989) relatou uma correlação genética aditiva média de 0,82 e correlação fenotípica de 0,78 em um levantamento envolvendo 25 estimativas obtidas em populações brasileiras.

A população ESALQ PB1, objeto deste trabalho, foi submetida inicialmente a 2 ciclos de seleção para rendimento, tendo seus parâmetros genéticos estimados por GHINI e MIRANDA FILHO (1979). Para os caracteres AP e AE,

os autores encontraram uma variância aditiva de 313 e 174 cm², para AP e AE respectivamente e herdabilidade ao nível de plantas de 72,07% para AP e 56,28% para AE. ANDRADE e MIRANDA FILHO (1980), estimando as correlações nessa mesma população, encontraram correlação alta e positiva entre AP e AE e entre AE e PRE, obtendo-se para estes casos, correlações fenóticas de 0,68 e 0,77, respectivamente. O caráter NR mostrou correlação mais expressiva com AE, apresentando-se aqui com maior magnitude as correlações genóticas. Os valores obtidos foram de 0,36 entre AP e NR e 0,44 entre AE e NR. Como já citado anteriormente, ANDRADE (1988) comparou entre si 3 ciclos de seleção divergente para NR e AE, mais os cruzamentos entre as linhas divergentes de cada ciclo e a população original ESALQ PB1. Para o caráter AE, o autor relatou grande eficiência na seleção em ambas as linhas. Após 3 ciclos, a seleção para maior AE registrou um ganho de 11,09 cm (8,73%) e a seleção para menor AE, diminuiu a altura desta em 10,81 cm (-8,51%). A seleção para maior AE, aumentou também AP, PRE e NR, enquanto que seleção para menor AE, também reduziu essas características.

2.4. Seleção divergente

Os trabalhos relativos à divergência genética não são de interesse unicamente da genética quantitativa, mas principalmente dos estudos relacionados com os

processos de evolução das espécies. A seleção divergente ora praticada por muitos pesquisadores para estudos de genética e evolução, já há muito vem atuando na natureza contribuindo para o aumento do número de espécies e consequentemente da diversidade genética.

Divergência entre diferentes tipos polimórficos em plantas de polinização cruzada podem ser promovidas, segundo GRANT (1971), pela seleção disruptiva. Esta atua na natureza decompondo uma população em várias formas adaptativas diferentes, e ocorre quando uma população já adaptada a um ambiente homogêneo se vê sujeita à pressões seletivas divergentes em diferentes partes de sua área (STEBBINS, 1970; GRANT, 1971). Tais pressões seletivas divergentes, segundo SOLBRIG e SOLBRIG (1979) atuam quando, entre os fenótipos, há mais de um valor seletivamente ótimo.

Em plantas de polinização cruzada, bem como para os animais, o processo de divergência é constantemente dificultado pela troca de genes entre os indivíduos da população, o que caracteriza a hibridação. Esta, em termos evolutivos, é o processo inverso da divergência genética. Isto levou diversos pesquisadores a defenderem a hipótese de que o isolamento reprodutivo entre as espécies era fruto não só de suas divergências genéticas, mas também do processo seletivo atuando em áreas geograficamente isoladas. No entanto, DOBZHANSKI (1940) já defendia a

hipótese de que a divergência não dependia necessariamente de um isolamento reprodutivo.

Muitos trabalhos mostram que uma forte seleção disruptiva leva à divergência mesmo quando os cruzamentos são casualizados. THODAY e GIBSON (1962) praticaram seleção disruptiva para número de cerdas em *Drosophila*. Isto levou à uma gradual, mas marcada divergência entre elas após 12 ciclos de seleção. Verificou-se também a diminuição do número de híbridos entre as populações divergentes, com o decorrer dos ciclos. PATERNIANI (1969) realizou trabalho semelhante utilizando-se de duas populações de milho e explorando o efeito de xenia. A população "Pérola Piracicaba" se caracterizava por ser de grãos brancos e tipo "flint" portanto, recessivo para cor e homozigoto dominante para tipo do endosperma. A segunda população "Doce Amarelo de Cuba" se caracterizava por ser justamente o oposto, ou seja, homozigota dominante para cor e recessiva para tipo do endosperma. Durante cinco anos as populações foram cultivadas em área contígua com forte seleção para os tipos originais, descartando-se os híbridos. Após 5 ciclos de seleção, a percentagem de híbridos chegou praticamente a zero, obtendo-se assim o isolamento reprodutivo.

Assim, demonstrou-se que a seleção divergente quer natural ou artificial não atua sobre um único caráter, mas sim sobre complexos gênicos, podendo levar inclusive ao extremo do isolamento reprodutivo. Tal fato pode

ter implicações práticas também nos estudos de genética quantitativa, pois como ressaltado por STEBBINS (1970), respostas diferentes à mesma mudança ambiental podem ocorrer quando uma população é subdividida em pequenas subpopulações, cada uma possuindo um conjunto gênico ligeiramente diferenciado.

No que diz respeito à seleção artificial, a predição dos ganhos de seleção e o conhecimento da estrutura genética das populações são alguns dos objetivos, principalmente em se tratando de uma população ou caráter ainda pouco estudado. A predição de ganhos em processo de seleção recorrente, pode ser feita através do uso da regressão linear. EBERHART (1964), sugeriu a utilização de tal método para se estimar a resposta frente à um processo de seleção contínuo. No entanto, segundo HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), via de regra, os ganhos preditos são maiores que os obtidos. Isto deve-se principalmente à erros de amostragem e à efeitos da interação genótipo ambiente. Desta forma, como já salientando por FALCONER (1960), através da seleção divergente é possível obter-se um número maior de informações e com melhor precisão. Isto porque na seleção divergente, a resposta é medida em duas linhas opostas, obtendo-se assim, o dobro de informações que se teria caso o processo seletivo fosse em uma única direção. Consequentemente, diminui-se os problemas de erros de amostragem e das interações genótipo-ambiente, melhorando-

se a precisão das estimativas obtidas.

No processo de seleção divergente, pressupõe-se que no início a frequência alélica seja igual em ambas as direções, esperando-se portanto, uma resposta simétrica entre as linhas divergentes. A assimetria na resposta pode ser causada conforme observou FALCONER (1960) por: 1) desigualdade no diferencial de seleção entre as linhas positivas e negativas; 2) assimetria genética devido à presença em maior quantidade de genes dominantes para uma determinada direção; 3) maior frequência gênica em uma das direções; 4) seleção à favor de heterozigotos; 5) depressão por endogamia; 6) efeitos maternos. Além desses aspectos, existe ainda outra fonte de erro influenciando a predição, que é o fato de se considerar, no modelo matemático, que durante o processo seletivo as médias das gerações progridem de maneira regular, o que não ocorre na realidade. Para minimizar tal problema, FALCONER (1960) recomendou que, para se avaliar a resposta média por geração, esta deve ser obtida por meio da inclinação da linha de regressão, ajustada às médias das gerações.

A seleção divergente segundo LYNCH (1988) tem também grande importância para o estudo de mutações em conjuntos poligênicos. Para tais estudos, faz-se necessário o emprego de linhagens altamente endogâmicas. SPRAGUE et alii (1960) e RUSSEL et alii (1963), já estudaram tal assunto em milho.

Com a cultura do milho, o trabalho mais expressivo foi iniciado por Hopkins em 1896 e continua até os dias atuais. Aqui, o processo de seleção divergente esta sendo utilizado na população de milho "Burr's White" para teor de óleo e quantidade de proteína. DUDLEY e LAMBERT (1969), DUDLEY *et alii* (1974) e DUDLEY (1977) relataram progressos de seleção obtidos após 65, 70 e 76 ciclos de seleção respectivamente, constatando-se um ganho contínuo para ambos os caracteres nas duas linhas de seleção. DUDLEY (1977) relatou que, mesmo após 76 ciclos de seleção, pode-se prever ainda grandes progressos devido à enorme quantidade de variação genética ainda presente nas subpopulações. LENG (1962) praticou seleção reversa no mesmo material após 49 ciclos de seleção, obtendo ganhos expressivos em todas as linhas e constatando também a existência de grande variabilidade genética para o caráter selecionado, em todas as subpopulações.

Smith¹, 1909, citado por HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) reportou os primeiros resultados do efeito da seleção divergente sobre altura de espigas. O autor utilizou a população de milho "Leaming", sendo a seleção praticada somente nas melhores plantas de cada linha divergente.

1. Smith, L. H. The effect of selection upon certain physical characters in the corn plant. Illinois Agric. Exp. Stn. Bull. 132: 48-62, 1909.

Face às vantagens oferecidas, tanto pelo processo seletivo, quanto pela espécie, a seleção divergente tem sido praticada em milho associada aos diferentes tipos de progênes. LONNQUIST (1961), usou tal processo associado à progênes de irmãos germanos na população "Krug Synthetic III", selecionando para rendimento de grãos. Após dois ciclos de seleção, obteve um ganho de 8,9% para maior rendimento e -2,6% na linha oposta. Seleção massal com divergência para comprimento de espiga foi estudada por CORTEZ-MENDOZA e HALLAUER (1979), que após 10 ciclos de seleção obtiveram resposta significativa para ambas as linhas, verificando-se entretanto, uma assimetria de resposta entre elas. Na seleção para maior comprimento de espiga, constatou-se um ganho de 1,6% por ciclo ao passo que na linha oposta o ganho foi de -3,2% por ciclo.

Outros caracteres que tem sido trabalhados com este método são prolificidade, acamamento, nitrato redutase, eficiência fotossintética, período de enchimento de grãos e taxa de acúmulo de matéria seca (tabela 4). Mais recentemente ALBRECHT e DUDLEY (1987), praticaram seleção divergente para qualidade do colmo e rendimento em uma geração F₂ de um cruzamento entre uma população adaptada e outra exótica. Foi realizado um ciclo de seleção com progênes S₁ e outro ciclo de seleção massal, verificando-se ganhos expressivos em todas as linhas e para todos os

caracteres. CROSS *et alii* (1987), selecionaram em laboratório para umidade de grão, com o objetivo de verificar a linearidade dos ganhos de seleção e respostas correlacionadas. ODHIAMBO e COMPTON (1987) avaliaram vinte ciclos de seleção massal divergente para tamanho da semente. A seleção para menor tamanho, resultou em uma diminuição por ciclo de 7,21 g no peso de 1.000 sementes, e na linha oposta, um aumento de 4,68 g respectivamente. A seleção para menor tamanho de grão, resultou também em diminuição significativa na produção e a seleção para maior tamanho de grão resultou em aumento da produção. TEYKER *et alii* (1989) avaliaram a absorção de NO_3^- em plântulas. Utilizaram a seleção divergente com o objetivo de praticar seleção precoce para rendimento (seleção em "seedling") baseando-se na concentração de NO_3^- em plântulas. Os resultados obtidos, indicaram não existir tal correlação, mostrando assim que este tipo de seleção em "seedling" não foi eficiente para produção, embora tenha sido para o caráter selecionado.

O material básico do presente trabalho também é resultado de seleção divergente aplicada à população de milho ESALQ PB1 por 5 ciclos e para os caracteres NR e AE, obtendo-se assim 4 subpopulações. ANDRADE (1988), comparou os 3 ciclos iniciais de seleção de cada subpopulação com a população original e também com os cruzamentos entre linhas divergentes em cada ciclo. Os ganhos foram significativos

em todas as linhas divergentes com as estimativas indicando resposta simétrica para o caráter AE e resposta assimétrica para o caráter NR. Segundo o autor, a assimetria de resposta em NR deveu-se ao fato de que a população original passou por 2 ciclos de seleção para rendimento de grãos e, portanto, deve ter concentrado um maior número de alelos para menor NR. Tal conclusão foi baseada na correlação negativa existente entre rendimento de grãos e NR citada por GERALDI *et alii* (1985).

A Tabela 4, apresenta um resumo dos principais trabalhos com milho, nos quais utilizou-se o processo de seleção divergente.

TABELA 4: Seleção divergente em milho. Trabalhos publicados, referências e caracteres selecionados

REFERÊNCIA	CARACTER
SMITH (1909) ¹	ALTURA DE ESPIGAS
LONNQUIST (1961)	RENDIMENTO
LENG (1962)	SEL. REVERSA PARA ÓLEO E PROTEÍNA
PENNY et alii (1962)	CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO
DUDLEY e LAMBERT (1969)	TEOR DE ÓLEO E PROTEÍNA
RIVERA (1970)	ALTURA DE ESPIGAS
THOMPSON (1970)	ACAMAMENTO
DUDLEY et alii (1974)	TEOR DE ÓLEO E PROTEÍNA
TORREGROSA (1974)	PROLIFICIDADE
DUDLEY (1977)	TEOR DE ÓLEO E PROTEÍNA
CORTEZ-MENDOZA e HALLAUER (1979)	COMPRIMENTO DE ESPIGAS
CROSBIE e PEARCE (1982)	EFICIÊNCIA FOTOSSINTÉTICA
HARTUNG (1984)	ENCHIMENTO DE GRÃOS
MESSMER et alii (1984)	NITRATO REDUTASE
ALBRECHT e DUDLEY (1987)	QUALID. DO COLMO E RENDIMENTO
CROSS et alii (1987)	UMIDADE DE GRÃOS
ODHIAMBO e COMPTON (1987)	TAMANHO DE GRÃOS
ANDRADE (1988)	AE e NR
TEYKER et alii (1989)	ABSORÇÃO DE NITROGÊNIO COM SELEÇÃO EM SEEDLING
LIMA et alii (1992),	TOLERÂNCIA À ALUMÍNIO

1. Citado por Hallauer e Miranda Filho (1988).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O material genético para o presente estudo, consistiu de progênies de irmãos germanos intrapopulacionais, obtidas através de cruzamentos em cadeia na população ESALQ PB1 e em quatro subpopulações derivadas desta.

O trabalho de obtenção das progênies foi realizado no campo experimental do Departamento de Genética da ESALQ, em Piracicaba, no período de fevereiro a julho de 1988.

A época já não favorável à cultura do milho, associada a ocorrência de fortes ventos logo após a realização dos cruzamentos, ocasionou uma grande perda de progênies, com consequente quebra de praticamente todas as cadeias.

A população ESALQ PB1, foi obtida, segundo MIRANDA FILHO (1974), a partir de sete variedades de porte baixo, no Instituto de Genética da ESALQ. Já as quatro subpopulações foram obtidas através de seleção divergente para número de ramificações do pendão (NR) e altura de espiga (AE). Foram conduzidos 5 ciclos de seleção divergente para cada caráter. No primeiro ciclo praticou-se

seleção divergente para altura da espiga e número de ramificações do pendão. A seleção foi feita com base nas médias de progênie de meios irmãos; a recombinação de progênie selecionadas foi feita em lotes isolados, resultando em seleção entre progênie de meio irmãos para ambos os sexos. Neste ciclo, GHINI e MIRANDA FILHO (1979) e ANDRADE e MIRANDA FILHO (1979) estimaram os parâmetros genéticos referentes aos caracteres em estudo e concluíram que a seleção massal poderia ser tão eficiente quanto a seleção entre famílias de meios irmãos para a alteração das médias dos caracteres. Nos quatro ciclos seguintes foi utilizada, em cada subpopulação, a seleção massal para ambos os sexos, através de cruzamentos biparentais entre as plantas selecionadas. Os resultados de três ciclos de seleção foram apresentados por ANDRADE (1988).

Como testemunha comum à todos os experimentos utilizou-se a cultivar C.511. Trata-se de um híbrido duplo comercial produzido pela Sementes Cargill S/A de ciclo precoce, grãos tipo dente e amarelos, altura de planta e de espigas intermediárias (GERAGE et alii 1987).

Os cruzamentos em cadeia foram realizados segundo esquema sugerido por LONNQUIST (1961), o qual é representado a seguir.

No presente caso, foram constituídas cadeias envolvendo 10 genótipos. Portanto, o genótipo I, corresponde aqui à planta de número 10 fechando-se a cadeia justamente com o cruzamento entre esta e a planta (genótipo) número 1.

Nos casos em que as 10 progênieis possíveis foram avaliadas experimentalmente, tem-se uma cadeia fechada. Quando por algum motivo, não foram avaliadas as 10 progênieis possíveis, teve-se uma interrupção da cadeia e então trabalhou-se com cadeias abertas. Nestes casos, o primeiro e o último genótipo foram avaliados através de uma única progênie cada.

Foram obtidas através deste esquema, cerca de 100 progênieis de cada sub população e da população original, as quais são identificadas e descritas a seguir:

ESALQ-PB1 (PO): população original de ESALQ-PB1

ESALQ-PB1 (R^+): subpopulação obtida por seleção visando aumento do número de ramificações do pendão.

ESALQ-PB1 (R^-): subpopulação obtida por seleção visando diminuição do número de ramificações do pendão.

ESALQ-PB1 (E^+): subpopulação obtida por seleção visando aumento na altura de inserção de espiga.

ESALQ-PB1 (E^-): subpopulação obtida por seleção visando diminuição na altura de inserção de espiga.

Cada um destes grupos, constituiu um experimento à parte, sendo o número de progênies avaliadas em cada experimento o seguinte:

POPULAÇÃO	Nº PROGENIES*		
	ENSAIO A	ENSAIO B	TOTAL
ESALQ-PB1 (R ⁺)	52	55	107
ESALQ-PB1 (R ⁻)	47	38	85
ESALQ-PB1 (E ⁺)	45	44	89
ESALQ-PB1 (E ⁻)	42	38	80
ESALQ-PB1 (PO)	54	51	105

* Em virtude do delineamento adotado, as progênies de cada grupo foram divididas em 2 ensaios designados A e B.

3.2 MÉTODOS

3.2.1. Ensaio de Avaliação

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições e em dois locais. As progênies de cada grupo foram divididas em dois ensaios, respeitando-se a integridade das cadeias formadas, procedendo-se, posteriormente, à análise agrupada.

Cada parcela foi constituída de uma única linha de 4 metros de comprimento, com espaçamento de 0,9 m entrelinhas e 5 plantas por metro linear, o que corresponde à uma densidade aproximada de 55.500 plantas/ha, a qual

é normalmente recomendada para cultivos comerciais.

Os ensaios foram implantados na Estação Experimental de Vila Velha, município de Ponta Grossa e Estação Experimental de Londrina, município de Londrina, ambas no Estado do Paraná e de propriedade da Fundação Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR.

A semeadura ocorreu dentro do período normal recomendado para a cultura no estado, sendo realizada no dia 03 de novembro em Londrina e 22 de novembro em Vila Velha (ano de 1988).

A semeadura foi manual com 20 sementes por parcela, não se realizando desbaste. A utilização do número exato de sementes por tratamento deveu-se ao fato da pouca disponibilidade de sementes das progênies para semeadura das seis repetições.

Foram realizados os tratos culturais comuns à lavoura do milho como controle de invasoras, controle da lagarta do cartucho e adubação em cobertura. Para o controle de invasoras utilizou-se inicialmente aplicação de herbicida de pré plantio e posteriormente cultivador a tração animal. O controle da lagarta do cartucho, foi realizado visando uma maior uniformidade ambiental, evitando que o ataque prejudicasse de forma diferenciada aos tratamentos. A adubação em cobertura foi realizada aproximadamente 40 dias após a emergência das plantas, aplicando-se a dose de 40 kg de N por hectare.

Em ambos os locais, foram avaliados em cada progênie as seguintes características:

Altura de plantas (AP): medida em centímetros desde o solo a inserção da folha bandeira.

Altura de espigas (AE): medida em centímetros desde o solo até a inserção da primeira espiga, isto é, a espiga mais próxima da terminação apical do colmo.

Nº de ramificações do pendão (NR): medido em unidades de ramificações primárias.

Os dados destes três caracteres foram tomados em cinco plantas competitivas dentro da parcela.

Estande Final (SF): corresponde ao número de plantas por parcela por ocasião da colheita.

Número de espigas (NE): corresponde ao número total de espigas colhidas em cada parcela.

Índice de espiga: obtida através da relação NE/SF mede a prolificidade média de cada progênie, e doravante será identificada pela sigla "PRO".

Peso de grãos (PG): corresponde ao peso total de grãos por parcela. Medido em gramas e considerando-se a unidade como uniforme em todas as progênies.

Ciclo (FF): medido desde a germinação até 50% do florescimento feminino da parcela.

Nos ensaios conduzidos em Londrina, os dados foram tomados em duas repetições, e em Vila Velha nas três repetições.

Foram obtidos também os dados relativos aos índices de acamamento e quebramento. Estes porém, não foram considerados nas análises, devido ao fato da ocorrência de fortes ventos em Vila Velha antes do florescimento e também devido ao baixo estande verificado em diversas parcelas, em ambos os locais.

Os dados relativos ao peso de grãos, foram corrigidos para estande ideal de 20 plantas por parcela partindo-se do método de correção por covariância, inicialmente proposto por STEEL & TORRIE (1960). A presente correção foi realizada ao nível de totais de parcelas, adotando-se o seguinte modelo:

$$PC = P - b (X - 20), \text{ sendo:}$$

PC: peso de grãos corrigido para estande ideal

P: peso de grãos observado

b: coeficiente de regressão linear do peso de grãos em relação às variações do estande

X: estande observado

3.2.2. Caracterização dos Locais

a) Londrina:

A estação experimental onde foi implantado o ensaio está situada à 23° 22' de latitude sul, 51° 10' de longitude oeste e à 585 metros acima do nível do mar. A classificação do clima, segundo Koeppem, é Cfa, com tempe-

ratura média do mês mais quente maior que 22 °C e temperatura média do mês mais frio, menor que 18 °C. Clima subtropical úmido mesotérmico com precipitação média anual entre 1500 e 1600 mm. O solo é classificado como "Latossolo Roxo, distrófico, textura argilosa".

b) Vila Velha

A estação experimental de Vila Velha está localizada no município de Ponta Grossa-PR, situando-se à 25° 13' de latitude sul, 50° 01' de longitude oeste e à 880 m acima do nível do mar. O clima é subtropical úmido mesotérmico com precipitação média de 1400 à 1500 mm. É classificado, segundo Koeppen, como Cfb, com temperatura média do mês mais quente menor que 22 °C e temperatura média do mês mais frio menor que 18 °C. O solo é classificado como "Latossolo Vermelho Escuro-álico". Vale mencionar, no entanto, que em função de devidas correções e adubações, este solo tem proporcionado altos rendimentos para a cultura do milho.

Os resultados das análises químicas dos solos de ambos os locais, mais os principais dados meteorológicos coletados durante o período de execução dos experimentos são fornecidos nas Tabelas 5 e 6.

TABELA 5: Resultados das análises de solo coletados durante a implantação dos experimentos nas localidades de Londrina e Vila Velha no ano de 1988.

	me/100 g solo						
	PH(CaCl 0,01 M) ²	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	C (%)	P (ppm)
LONDRINA	5,2	4,07	4,30	2,43	0,39	1,43	6,8
VILA VELHA	4,7	5,21	2,95	1,52	0,21	1,92	3,0

TABELA 6: Dados coletados pelo Sistema Agrometereológico do IAPAR em Londrina e Vila Velha, durante o período de outubro de 1988 à abril de 1989.

MES	LONDRINA					VILA VELHA				
	TEMPERATURA (°C)			PRECIPIT. (mm no mes)	INSOL. (total no mes)	TEMPERATURA (°C)			PRECIPIT. (mm no mes)	INSOL. (total no mes)
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA			MAXIMA	MINIMA	MEDIA		
OUTUBRO	28,0	16,0	21,5	178,6	223,6	23,5	13,0	17,2	127,1	202,6
NOVEMBRO	29,7	16,8	23,0	30,7	269,8	26,4	14,3	19,2	23,6	228,5
DEZEMBRO	31,0	19,3	24,6	120,9	237,9	28,1	16,4	21,1	122,6	180,1
JANEIRO	27,5	24,4	19,2	346,5	130,0	25,8	17,5	20,6	210,4	116,5
FEVEREIRO	28,3	19,4	23,0	165,0	149,0	26,6	17,6	20,9	109,2	134,2
MARCO	29,3	18,1	22,9	131,6	233,6	29,4	16,5	20,3	56,5	204,5
ABRIL	28,2	17,0	21,9	58,9	228,3	25,3	15,5	19,2	222,2	207,4
TOTAL	28,8	18,7	22,3	1032,2	1472,2	26,4	15,8	19,8	871,6	1273,8

Máxima, representa a média entre as temperaturas máximas de cada dia; mínima, representa a média entre as mínimas diárias e a média mensal é resultante das médias diárias.

3.2.3. Análise Estatística dos Dados

3.2.3.1. Análises de Variância

As análises de variância foram realizadas de acordo com o delineamento de blocos casualizados, procedendo-se inicialmente às análises individuais por experimento dentro de cada local e utilizando-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ij} = m + p_i + b_j + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = observações de progênies i , na repetição j ;

m = média geral;

p_i = efeito aleatório de progênie i ; $E(p_i)^2 = \sigma_p^2$

b_j = efeito de bloco j ; ($j = 1, 2 \dots r$)

e_{ij} = efeito de parcela ij (erro experimental), $e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

A seguir, os experimentos que compreenderam progênies de uma mesma subpopulação foram analisados, também, de forma agrupada em cada local. No agrupamento, utilizou-se o processo de médias ponderadas, pois os graus de liberdade para cada fonte de variação eram diferentes.

Posteriormente, procedeu-se a análise conjunta entre os mesmos experimentos de ambos os locais. Para análise, utilizou-se de médias de repetições de cada local, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ik} = m + p_i + l_k + (pl)_{ik} + e_{ik}$$

onde:

Y_{ik} = observações de progênies i , no ambiente k ;

m = média geral;

p_i = efeito da progênie i ;

l_k = efeito fixo do ambiente k ;

$(pl)_{ik}$ = efeito da interação genótipo-ambiente;

$\bar{e}_{ik}$ = erro experimental associado à média de r repetições

O erro médio foi obtido através da média ponderada, pelos graus de liberdade, dos erros correspondentes às análises de variância individuais. As análises conjuntas que envolveram progênies de uma mesma subpopulação foram agrupadas, segundo metodologia semelhante à do agrupamento das análises de variâncias individuais, relativas à um só local. Os esquemas da análise de variância agrupada por local e conjunta - agrupada constam das Tabelas 7 e 8.

3.2.3.2. Estimativas de Parâmetros Genéticos

A variância genética foi obtida ao nível de totais de parcelas para o caráter peso de grãos e prolificidade, e ao nível de médias para os demais caracteres estudados. Assim, a herdabilidade também foi estimada apenas ao nível de médias.

Os parâmetros genéticos foram estimados inicialmente para cada sub população dentro de locais através

da análise agrupada dos experimentos que envolveram progênies da mesma sub população. Com base nas esperanças matemáticas dos quadrados médios, descritas segundo MIRANDA FILHO *et alii* (1974) e apresentadas na Tabela 7, foram estimadas as variâncias de cada efeito. Tal esquema foi utilizado ao nível de totais de parcelas para peso de grãos (PG) e prolificidade e ao nível de médias de parcelas para os demais caracteres. Posteriormente, os dados relativos a peso de grãos foram transformados para gramas/planta.

TABELA 7: Esperança matemática dos quadrados médios (QM) para dados de médias ou totais de parcelas, com base na análise agrupada dentro de locais

FV	GL	QM	E (QM)	F
Experimentos	--	--	--	
Blocos/Exp.	--	--	--	
Progênies/Exp.	g1	Q1	$\sigma_e^2 + r \sigma_p^2$	Q1/Q2
Erro médio	g2	Q2	σ^2	

A estimativa da variância genética entre progênies (σ_p^2), foi obtida através da seguinte operação:

$$\sigma_p^2 = \frac{Q1 - Q2}{r}$$

Para fins de estimação da variância genética aditiva, considerou-se o valor esperado com base na relação

de progênes de irmãos germanos, ou seja, $\sigma_p^2 = \frac{1}{2} \sigma_A^2 + \frac{1}{4} \sigma_D^2$. Para os caracteres FF, PRO, AP, AE e NR considerou-se ausência de dominância ($\sigma_D^2 = 0$) que é a hipótese mais próxima da realidade com base no resultado de literatura; assim $\sigma_A^2 = 2 \sigma_p^2$; para qualquer $\sigma_D^2 > 0$ leva uma superestimação de σ_A^2 . Para a produção de grãos considerou-se a hipótese $\sigma_D^2 = \sigma_A^2$ e portanto $\sigma_p^2 = \sigma_A^2$, que representa uma situação mais realística para este caráter; valores de $\sigma_D^2 > \sigma_A^2$ levariam a subestimação de σ_A^2 e valores de $\sigma_D^2 < \sigma_A^2$ levariam a uma superestimação de σ_A^2 .

As formulações consideradas pressupõem que as progênes de irmãos germanos não sejam aparentadas; o fato de as progênes terem sido obtidas de cruzamentos em cadeia levam a uma subestimação das variâncias; em consequência de $\sigma_p^2 < \frac{1}{2} \sigma_A^2 + \frac{1}{4} \sigma_D^2$. No presente trabalho interessam mais os valores relativos das variâncias na população original e nas quatro subpopulações dela derivadas; portanto, supõe-se que as tendenciosidades que levam a sub ou superestimação das variâncias pouco prejudica as comparações entre as estimativas.

A estimativa da herdabilidade ao nível de médias ou totais de parcelas foi obtida através da seguinte equação.

$$h^2_m = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_F^2}$$

onde:

σ_F^2 = estimativa da variância fenotípica entre
médias ou totais de parcelas, e é obtida
através de:

$$\sigma_F^2 = \sigma_p^2 + \frac{\sigma^2}{r} = \frac{Q1}{r}$$

Na análise conjunta, as estimativas de variância de cada efeito foram obtidas através das esperanças matemáticas dos quadrados médios, ao nível de médias ou totais de parcelas, de acordo com o modelo descrito na Tabela 8.

TABELA 8: Esquema de análise de variância, conjunta e agrupada com respectiva esperança dos quadrados médios, considerando-se efeito de local como fixo (STEEL & TORRIE, 1960)

FV	GL	QM	E (QM)	F
Repet./Ambiente/Exp.	--	--	--	
Ambiente (L)/Exp.	--	--	--	
Progenies(P)/Exp.	g1	Q1	$(\sigma_e^2/r) + L \sigma_p^2$	Q1/Q3
PxL/Exp.	g2	Q2	$(\sigma_e^2/r) + \frac{(L)}{(L-1)} \sigma_{pxl}^2$	Q2/Q3
Resíduo Médio [@]	g3	Q3	σ_e^2/r	

@ : média ponderada, pelos graus de liberdade, dos erros correspondentes às análises de variância individuais divididas por r

De forma análoga à análise de variância por local, estimou-se σ_p^2 , σ_A^2 e h_m^2 e o componente adicional resultante da interação entre os locais que é σ_{pxl}^2 . As expressões utilizadas para se estimar tais parâmetros, considerando-se que os quadrados médios foram obtidos com médias de repetições foram as seguintes:

$$\sigma_p^2 = \frac{Q_1 - Q_3}{L}$$

$$\sigma_p^2 \times L = \frac{Q_2 - Q_3}{L - 1} = \frac{(L - 1) (Q_2 - Q_3)}{L}$$

$$\sigma_F^2 = \sigma_P^2 + \sigma_P^2 x_1/L + \sigma_e^2/r.L.$$

$$h_m^2 = \frac{\sigma_P^2}{\sigma_F^2}$$

3.2.3.3. Covariâncias e Correlações

As análises de covariância entre caracteres foram efetuadas a partir de análises de variância, mediante a aplicação do método apresentado por KEMPTHORNE (1966), o qual utilizou apenas análise de variância de x, y e u, sendo $u = x+y$. ZIMBACK (1985) apresentou em detalhes tal metodologia. Os produtos médios entre caracteres resultam dos quadrados médios das análises de variância realizadas segundo processo dado a seguir:

	QUADRADOS MÉDIOS (QM)			PRODUTOS MÉDIOS	
	X				
Progênies (P)	QMPx	QMPy	QMPu	PMPx,y=1/2	(QMPu-QMPx-QMPy)
Erro (E)	QMEx	QMEy	QMEu	PMEx,y=1/2	(QMEu-QMEx-QMEy)

Para as análises de covariância, seguiu-se o mesmo esquema de análise utilizado na análise de variância dos caracteres individualmente. Assim, inicialmente procedeu-se a análise de variância de u para cada população em cada local e posteriormente procedeu-se à uma análise conjunta. Desta vez, a análise conjunta foi realizada com totais de repetições. Os esquemas das análises de covariância por locais, e conjunta encontram-se nas Tabelas 9 e 10.

TABELA 9: Esperança matemática dos produtos médios obtidos na análise de covariância segundo o delineamento de blocos casualizados.

FV	GL	PM	E (PM)
Blocos	--	--	--
Progenies	g'1	P'1	COVe' + rCOVp'
Erro	g'2	P'2	COVe'

As equações algébricas para estimativas de covariância, considerando-se um único local, foram as seguintes:

$$\text{côv}_p = \frac{P_1 - P_2}{r} ; \text{côve} = P_2$$

$$\text{côv}_F = \text{côv}_p + \frac{\text{côv}'_e}{r} = \frac{P_1}{r}$$

TABELA 10: Esperança matemática dos produtos médios obtidos na análise de covariância conjunta, segundo o delineamento em blocos casualizados, ao nível de médias ou totais de parcelas

FV	GL	PM	E (PM)
Blocos	-	-	-
Local (L)	-	-	-
Progenies (P)	g1	P1	COV _e + r.l. COV _p
P x L	g2	P2	COV _e + R. $\frac{L}{L-1}$ COV _{pxl}
Erro	g3	P3	COV _e

Para a análise conjunta, as estimativas de covariância foram obtidas através das seguintes equações:

$$\hat{COV}_p = \frac{COV_p - COVe}{R.L.} \quad e \quad \hat{COV}_{px1} = \frac{COV_{px1} - COVe}{R. (L/L-1)}$$

$$\hat{COV}_{\bar{F}} = COV_p + \frac{COV_{pX1}}{L} + \frac{COVe}{L.R.}$$

De posse das estimativas de variâncias e covariâncias genéticas e fenótípicas, foram obtidas as estimativas das correlações genética (r_g) e fenotípica (r_f), de acordo com o procedimento de KEMPTHORNE (1966) e utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$\hat{r}_g (x,y) = \frac{COV_p (x,y)}{\sigma_{px}^2 \cdot \sigma_{py}^2}$$

e

$$\hat{r}_f (x,y) = \frac{COV (x,y)}{\sigma_{fx}^2 \cdot \sigma_{fy}^2}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Médias Populacionais

Os dados de médias são apresentados na Tabela 11 para os seis caracteres analisados (FF, PRO, AP, AE, NR e PG) mais o índice de posição relativa da espiga (PRE). A apresentação de médias por locais, visa preservar e até mesmo ressaltar a influência ambiental sobre determinados caracteres.

Em Vila Velha ocorreu alongamento do ciclo, redução de AE, ligeira redução de AP e consequente redução de PRE. Para FF observou-se uma variação de 69,5 dias em R^- à 77,7 dias em R^+ e E^+ . Em Londrina o ciclo variou de 55,8 dias em E^- à 65,5 dias em E^+ . O alongamento de ciclo em Vila Velha foi motivado pela menor acumulação de graus térmicos por dia nessa localidade (tabela 6). A redução de AP não foi tão expressiva quanto a redução de AE. Para este último caráter, os valores médios obtidos variaram de 89,87 em E^- à 159,31 em E^+ . Segundo HESKETH *et alii* (1969) e CROSS e ZUBER (1973), temperaturas mais elevadas podem provocar um aumento no número de folhas e também em AP, fato que pode justificar os maiores valores obtidos em Londrina.

O caráter PG também sofreu uma ligeira

redução em Vila Velha, sendo que esta foi de maior magnitude nas subpopulações mais precoces (R^- e E^-). Para as subpopulações mais tardias e também para a testemunha C511, que apresentaram florescimento médio aos 77 dias, as produções foram semelhantes às de Londrina. Fatores climáticos podem ter afetado de forma mais contundente às subpopulações precoces. Há que se ressaltar no entanto, que as médias de produção foram todas elevadas. Os valores transformados para Kg/ha dão uma variação entre 8100 Kg/ha (E^- Vila Velha) à 9454 Kg/ha (PO Londrina) contra 9460 Kg/ha obtido pelo híbrido C511 em Londrina.

Tomando-se a população original como referência verifica-se que em valores absolutos, após cinco ciclos de seleção, ocorreram modificações não só nos caracteres selecionados mas também nos demais analisados.

Florescimento feminino, altura de plantas, altura de espigas, posição relativa da espiga e número de ramificações do pendão diminuíram nas subpopulações E^- e R^- e aumentaram em E^+ e R^+ . Prolificidade, aumentou em R^- e E^+ , verificando-se essa mesma tendência para peso de grãos, porém, não de forma acentuada em E^+ .

A tabela 28 compara os valores médios de AP, AE, PRE, NR, PRO e PG obtidos em cada subpopulação no presente ciclo de seleção (C_5), com os valores obtidos por ANDRADE (1988) após o terceiro ciclo de seleção divergente (C_3). Os valores encontram-se em porcentagem em relação à

PO sendo os dados de C_5 , uma média entre as médias de Londrina e Vila Velha.

Na linha divergente R^- e R^+ , para o caráter selecionado, ANDRADE (1988) relatou resposta assimétrica com ganhos de $-26,5\%$ e $+42,79\%$ para as subpopulações R^- e R^+ respectivamente. Até C_5 , os ganhos foram crescentes obtendo-se uma resposta mais simétrica com valores de $-53,6\%$ para R^- e $+56,6\%$ para R^+ . O gráfico da distribuição das frequências (figura 1), foi semelhante ao obtido por LIMA et alii (1992) com seleção divergente para tolerância à alumínio.

Os valores médios de NR variaram entre 11,91 em R^- à 43,58 em R^+ (tabela 11). Comparando-se estes valores com as médias de NR da tabela 1, observa-se que eles estão próximos dos extremos dessa tabela e também próximos dos limites relatados por PATERNIANI (1981).

Os caracteres AP, AE e PRE continuaram diminuindo em R^- , porém, com ganhos pouco expressivos e mantendo-se praticamente inalterados em R^+ . PRO apresentou ganhos significativos em R^- passando de $+2,47\%$ em C_3 para $+14,28\%$ em C_5 e na subpopulação R^+ , passou de $-5,05\%$ em C_3 para $+0,89\%$ em C_5 .

O caráter PG manteve-se no quinto ciclo de seleção para R^+ com a mesma redução observada em C_3 e que esteve em torno de $-5,0\%$. Em R^- , o resultado foi contrário aos obtidos por GERALDI (1977) e ANDRADE (1988). Em C_3 ,

ANDRADE (1988) relatou um ganho de seleção de +4,98%. No presente ciclo, o ganho foi negativo ficando em -4,69% em relação à PO. Voltando-se a tabela 11, nota-se que os valores de PG em R^- , foram inferiores aos valores obtidos em PO em ambos os locais, mas de maior magnitude em Vila Velha. Por tratar-se de um caráter extremamente complexo, os dados de um único ano em apenas dois ambientes não podem ser conclusivos. Como já mencionado, efeitos ambientais podem ter afetado de forma diferenciada as populações de ciclos diferentes. FISCHER *et alii* (1987), relataram ganhos de 13,0 e 14,7% em PG para duas populações após seis ciclos de seleção para menor NR. Acrescentaram que os maiores ganhos foram obtidos quando praticou-se seleção combinada para menor NR e menor área foliar acima da espiga (AFAE), sendo que a densidade ótima de plantio aumentou com a diminuição de NR. Pode existir também um limite mínimo de NR para formação de uma planta normal. Tal limite pode estar sendo superado em muitas plantas da subpopulação R^- , o que resultaria em menor produção de grãos. Novos testes comparativos e novos ciclos de seleção poderão fornecer respostas mais precisas para tais questões.

Na linha divergente para AE, os ganhos para o caráter selecionado não apresentaram a mesma magnitude nem simetria de resposta verificada entre R^- e R^+ . Na subpopulação E^- o ganho por seleção evoluiu de -8,51% para -23,69% e em E^+ evoluiu de +8,73% para +38,17%. O caráter

AP, a exemplo de AE, mostrou também resposta assimétrica com ganho maior para E^+ . Aqui os valores obtidos em C_5 foram de -12,58% em E^- e +22,14% em E^+ . Em ambas as linhas, os ganhos de seleção foram maiores para AE do que para AP o que também foi verificado por ACOSTA e CRANE (1972) e ANDRADE (1988). Isto teve como consequência o aumento de PRE em E^+ (0,61) e sua diminuição em E^- (0,47). Para este caráter os ganhos obtidos mostraram boa simetria sendo de -12,97% em E^- e +12,96% em E^+ .

A diferença entre as linhas divergentes pode ser devida ao fato de que a população original já é um composto de porte baixo e, como pode ser observado na Tabela 11, seus valores aproximam-se dos valores da testemunha Cargill 511. Embora o ganho na linha E^- não tenha sido tão expressivo quanto em E^+ , os resultados são de grande relevância, pois demonstram a possibilidade da redução de AP e AE em populações de milho em poucos ciclos de seleção e sem a utilização de gens maiores. Comparando-se com os valores das cultivares comerciais de ciclo precoce integrantes dos ensaios do IAPAR em Londrina e Vila Velha, segunda época, (GERAGE et alii 1989), verifica-se que a subpopulação E^- apresentou valores de AP e AE semelhantes ao das cultivares mais modernas das diferentes empresas comerciais.

As figuras 2 e 3 apresentam a frequência de distribuição de médias de progênes para o caráter AE em

Londrina e Vila Velha respectivamente e para as populações E^- , PO e E^+ .

Para os demais caracteres, ressaltou-se a evolução expressiva do caráter PRO em E^+ que passou de +0,93% em C_3 para +12,5% em C_5 . Na subpopulação E^- os valores mantiveram-se com pouca alteração. A exemplo do ocorrido em E^+ , MAGALHÃES e SILVA (1987) verificaram comportamento análogo, porém, o caráter selecionado foi PRO verificando-se um ganho indireto em AP. O caráter NR manteve-se com a redução estacionada em -11% em E^- e pouco alterada em E^+ diminuindo seu ganho de 8,5% em C_3 para 4,4% em C_5 . Para PG, na subpopulação E^+ apesar de sua produção ser superior à PO, houve uma redução percentual de +6,4% para +2,7% em C_5 . Já em E^- ANDRADE (1988) relatou produção superior à PO em 3,27% mas, no presente ciclo foi verificada uma redução de 7,8% em relação à PO. Novamente, há que se ressaltar a complexidade do caráter, porém, resultados semelhantes foram obtidos por ACOSTA e CRANE (1972) e JOSEPHSON e KINCER (1977) quando praticaram seleção em um único caráter. No entanto, a redução de AE sem redução em PG é possível e foi relatada por MARECK e GARDNER (1979) onde praticaram seleção para menor AE em uma população previamente selecionada para PG, e também por PANDEY et alii (1986) que praticaram seleção combinada para aumentar PG e PRO e diminuir FF, AE e AP e PRE.

O caráter FF embora não tenha sido avaliado em C_3 , mostrou resultados interessantes em C_5 , principalmente nas subpopulações E^- e E^+ . A figura 4 mostra que o efeito indireto da seleção poderá em breve levar estas populações ao isolamento reprodutivo visto que o ciclo está sendo reduzido em E^- e alongado em E^+ . As progênies mais tardias em E^- apresentaram-se com ciclo de 63 dias e as mais precoces em E^+ com ciclo de 59 dias. Tal resultado assemelha-se aos obtidos por THODAY e GIBSON (1962) que praticaram seleção disrruptiva para número de cordas em drosophila e também semelhante aos resultados obtidos por PATERNIANI (1969) que obteve isolamento reprodutivo em populações de milho selecionando apenas contra o efeito de xenia.

4.2. Análises de Variância

Inicialmente procedeu-se à análise individual por experimento dentro de cada local. Após verificar as magnitudes dos quadrados médios do erro para cada caráter, procedeu-se ao agrupamento dos experimentos de uma mesma população dentro de cada local. As Tabelas 12 e 13 mostram os valores dos quadrados médios obtidos para progênies e resíduo e o coeficiente de variação experimental para cada caráter, resultante das análises agrupadas.

Mesmo considerando-se as análises individuais, as magnitudes dos coeficientes de variação são consi-

derados satisfatórios. Os menores coeficientes foram obtidos para os caracteres FF, AP e AE, e os maiores valores para PRO, PG e NR.

Considerando-se todos os ensaios, o coeficiente de variação para FF esteve entre 2,60% e 4,83%; para AP e AE, oscilaram entre 3,44% à 5,84% e 4,23 à 10,14%, respectivamente e para NR variou entre 9,76 à 14,76%. As maiores amplitudes foram verificadas para os caracteres PRO e PG com os respectivos valores de 9,41 à 17,94% e 8,03 à 15,49%. Considerando-se que são os extremos encontrados, nota-se que estes não foram entraves para o agrupamento ou para as análises conjuntas.

Os valores obtidos para AP, AE e NR, estão dentro dos limites relatados na literatura (Tabelas 1 e 3) sendo que estes indicam uma variação no Cve entre 7,6 à 16,37% para o caráter NR e valores entre 3,38 à 9,21 e 2,48% à 13,77% para AP e AE, respectivamente.

Resultados muito semelhantes foram obtidos por AGUILAR MORAN (1984), com valores de Cve entre 10,5% à 17,9% para PG, 3,8% à 8,9% e 5,4% à 10,2% para AP e AE, respectivamente, e 11,8% à 14,0% para NR. Segundo o autor, considerando-se a herdabilidade dos caracteres, tais resultados podem ser considerados satisfatórios para AP e AE, médios para PG e relativamente altos para NR. Com respeito ao Cve de NR, vale ressaltar que esses mesmos valores elevados foram observados pela maioria dos autores

que estudaram tal caráter, (LORDÊLO, 1982; SANTOS, 1985; SAMPAIO, 1986 e SOARES FILHO, 1987). Na população ESALQ PB1 os valores de Cve para NR encontrados por ANDRADE E MIRANDA FILHO (1979), KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984), e SANTOS (1985), variaram entre 12,05 à 16,9%.

Os valores de F foram significativos ao nível de 1% de probabilidade para os seis caracteres analisados em todas as populações e em ambos os locais, demonstrando que, mesmo nos caracteres submetidos à seleção, a variabilidade ainda é grande.

A análise conjunta foi realizada entre experimentos de uma mesma população efetuando-se a seguir os agrupamentos entre os conjuntos A e B da mesma população. As Tabelas 14 à 18 fornecem os valores dos quadrados médios de locais, progênies, da interação locais x progênies, respectivas significâncias e erro médio.

Como já ressaltado, as maiores significâncias entre locais, ocorreram para os caracteres FF, AP, AE e a seguir, PG. A análise estatística comprova que para PRO, foram verificadas as menores diferenças entre locais e para NR, prevaleceu a significância para 6 entre 10 experimentos analisados. Os quadrados médios de progênies, mostraram-se, novamente, todos significativos à 1% de probabilidade. A diferença entre localidades, comprovada estatisticamente para ciclo em todas as populações, deve-se ao fato de que a acumulação de graus térmicos em Vila Velha ocorre mais

lentamente. A tabela 6, contendo os dados metereológicos coletados nos dois locais, demonstra que as temperaturas e a insolação são menores em Vila Velha.

Através das análises conjuntas dos experimentos A e B de uma mesma população, procedeu-se a análise agrupada, resultando assim em uma única análise por população. Os valores relativos aos quadrados médios de progênes, interação progênes x locais e erro médio encontram-se na Tabela 19.

Os quadrados médios relativos a progênes, mostraram-se todos significativos a 1% de probabilidade. As interações, nem sempre mostraram-se consistentes. Para FF, o quadrado médio de P x L evidenciou significância a apenas 5% de probabilidade para as subpopulações R^+ e E^+ , que foram as que sofreram um alongamento do ciclo como decorrência do processo de seleção. PRO sempre foi um carater muito variável, e apenas na subpopulação R^- é que a interação foi significativa, e a 1% de probabilidade. AP e AE mostraram significância para interação a 1% de probabilidade, apenas na população R^- e na população original, verificou-se interação significativa a 5% para AE. Para NR, a interação foi altamente significativa nas subpopulações R^- e R^+ , significativa em PO e não significativa em E^- e E^+ . Peso de grãos, não mostrou significância para E^+ , significância à 5% em E^- e à 1% para as demais.

Embora não tenha ocorrido grande interação para os caracteres AP e AE, a influência ambiental verificada para esses caracteres e também para FF, mais as interações verificadas para PG, dão indícios da dificuldade da seleção em Vila Velha, principalmente quando a redução da altura de plantas for um dos fatores envolvidos. Segundo CROSS e ZUBER (1973), existe uma correlação positiva entre número de folhas e altura de plantas, e segundo HESKETH *et alii* (1969) e HUNTER *et alii* (1974), em alguns genótipos, o número de folhas pode aumentar com o aumento de temperatura. Este pode ser o motivo pelo qual, as populações tenham mostrado, de um modo geral maior altura de plantas em Londrina. MAGALHÃES e SILVA (1987), acrescentaram que a maior altura de plantas provoca um maior autosombreamento devido ao aumento do número de folhas pendentes. Como consequência, os genótipos mais produtivos devem ser aqueles que possuam espigas inseridas mais próximas das folhas que recebam maior insolação. Este pode ser o motivo pelo qual não somente AP sofreu uma redução em Vila Velha, mas também de que a maior redução ocorreu em AE com consequente redução da posição relativa da espiga (PRE).

A interação entre progênies e locais verificada para o caráter NR foi descrita também por SOARES FILHO (1987). No entanto, cabem ainda duas ressalvas. A primeira, refere-se ao perigo da imprecisão nas contagens das ramificações primárias. A segunda diz respeito à influên-

cia da densidade populacional sobre o caráter. Segundo SMITH et alii (1982), a média, amplitude e herdabilidade do caráter se alteram bastante com a mudança de densidade. Embora o ensaio tenha sido planejado para densidade constante de 5 plantas por metro, em diversas progênies ocorreram muitas falhas, e estas podem ser uma fonte adicional de erro, principalmente para este caráter. Vale ressaltar uma vez mais que a quantidade de sementes de cada progênie não permitiu que se utilizasse densidade maior de semeadura para posterior desbaste, o que seria o ideal.

4.3. Estimativas de Parâmetros Genéticos

Com base nas análises agrupadas por população e por local e também com base na análise conjunta, estimou-se a variância genética entre progênies, variância genética aditiva, e herdabilidade ao nível de médias para cada caráter.

As estimativas obtidas das análises por locais, mostraram uma grande variação entre os valores para um mesmo caráter e na mesma população. As Tabelas 20 e 21 apresentam as estimativas obtidas para a variância genética entre progênies e variância genética aditiva por locais. Estas mostram que ora os valores apresentaram-se mais elevados em Londrina, ora em Vila Velha refletindo a magnitude da influência ambiental sobre tais estimativas.

A Tabela 22 apresenta as estimativas de variância entre progênies e variância aditiva através das análises conjuntas-agrupadas por população e para os seis caracteres estudados. Nesta, os dados apresentaram-se mais uniformes permitindo uma melhor análise dos efeitos da seleção sobre a variabilidade de cada carácter em cada população.

A população original apresentou os maiores valores de σ_A^2 para FF, (5,2770 dias), AP (281,3564 cm) AE (194,3408 cm) e PG (282,3200 g/parcela). Para o carácter PRO, o maior valor estimado foi na população $R^-(0,0522 \text{ un})$ e para o carácter NR, o maior valor de σ_A^2 foi da população $R^+(76,0334 \text{ ramificações/planta})$. No geral, a variação para cada carácter, sempre comparando-se as demais subpopulações com PO, pode ser resumida assim:

- **Florescimento Feminino:** σ_A^2 foi semelhante à PO na população R^+ , valores intermediários em R^- e E^- e o menor valor para E^+ , mostrando aqui uma redução superior à 50% em relação à PO.

- **Prolifividade:** as populações R^- e E^+ apresentaram um aumento na σ_A^2 , chegando estas a mais de 50% na população R^- . Estas populações mostraram também um aumento no índice de prolifividade, e que talvez justifique tais valores. A população R^+ apresentou valores próximos de PO e a população E^- os valores mais baixos.

- **Altura de Plantas e Altura de Espigas:** os valores de σ_A^2 estão próximas de PO em E^+ , são intermediários em R^+ e R^- e inferiores à 50% dos valores obtidos em PO, para E^- . Comparando-se as linhas divergentes E^+ e E^- , os dados mostraram uma drástica redução da variabilidade em E^- e uma redução muito pequena em E^+ . Interessante notar que a população E^- , apresentou redução em sua variabilidade não somente para AP e AE, mas também em PRO e PG.

Nas subpopulações R^+ e R^- os resultados da variância aditiva para AP e AE foram opostos aos encontrados em E^+ e E^- . Aqui, os valores mais altos foram observados na população R^- , sendo estes ligeiramente inferiores aos valores obtidos em E^+ .

O fato da subpopulação R^- ter apresentado redução de AP e AE e mantido em nível razoável a variância aditiva, ao passo que a subpopulação E^- sofreu uma drástica redução desta, pode ser um indício de uma maior concentração de homozigotos para o caráter nessa subpopulação. HARVILLE et alli (1978) analisando um dialélico entre diversos ciclos de seleção relataram que a herança do caráter altura de espigas foi controlado primeiramente por efeitos aditivos, sendo que nos últimos ciclos de seleção, a capacidade geral de combinação aumentou muito pouco, indicando que seleção para menor altura de espigas foi tornando-se menos eficiente, mostrando uma tendência de estabilização.

Número de ramificações do pendão: A variância genética aditiva apresentou uma drástica redução na subpopulação R^- e uma grande ampliação na subpopulação R^+ . O valor da σ_A^2 em R^- não atinge 20% do valor obtido na população original, ao passo que em R^+ ele é superior ao dobro do valor em PO. Isto pode ser em parte, devido ao fato já citado por ANDRADE (1988), de que os dois ciclos iniciais de seleção para rendimento na população PO, pode ter causado uma redução no número de ramificações do pendão. Assim, através do aumento da frequência alélica de genes para maior NR, estaria se recuperando a variabilidade perdida inicialmente.

As médias e amplitude de variação, (figura 1) mostram que na subpopulação R^+ , não só a média populacional aumentou muito, como também, a amplitude de variação foi muito grande. Isto dá indícios de que, ou a seleção para rendimento pode realmente ter reduzido o número de ramificações, ou que consciente ou inconscientemente, os melhoristas ao praticarem seleção nas populações anteriores, já naturalmente tenham eliminado as plantas com um número muito grande de pendões. Uma planta que possua 50 a 60 ramificações, chama a atenção facilmente e, portanto, a seleção contra essas plantas, pode ser justificada pelo simples aspecto visual, o que pode estar ocorrendo naturalmente desde o início e em todas as populações submetidas à seleção.

Por outro lado, a redução da variabilidade para ramificações do pendão em R^- , é justificável por dois motivos. Inicialmente, partiu-se de uma população que, como já citado, poderia já estar apresentando valores abaixo do normal devido aos processos seletivos. Deve-se considerar também, que ao passo que na seleção para maior NR, enquanto o limite teórico é o infinito, em R^- o limite real é um. Isto sem considerar possíveis problemas fisiológicos que possam inviabilizar uma planta com, por exemplo, 3 ou 4 ramificações, o que por si demonstra que baixar esses valores para um ou próximo de um, será algo muito trabalhoso.

O caráter NR nas subpopulações E^- e E^+ , apresentou valores de $\bar{U}_A^2$ próximos ao de PO. Em E^- , os valores foram ligeiramente inferiores e em E^+ , ligeiramente superiores, quando comparados com PO. Em E^- , observou-se uma redução nos valores médios e também nos limites superiores de NR. Em E^+ ocorreu um aumento no valor de NR, porém, os valores inferiores mantiveram-se semelhantes aos verificados em PO.

Peso de grãos: embora as médias populacionais indiquem que o processo seletivo não influiu drasticamente sobre este caráter, os valores de variância aditiva sofreram uma redução em todas as subpopulações. Essa redução foi inferior a 10% em E^+ , em torno de 28% em R^- e R^+ , e perto de 47% em E^- .

Os gráficos das amplitudes de variação para o caráter, (figura 5) mostram que em valores médios, a redução da σ_A^2 em R^- e R^+ pode ser explicada pela redução da amplitude, no limite inferior. Isto é, o processo seletivo eliminou em ambas as populações as plantas menos produtivas existentes na população original. Por outro lado, não se verificaram acréscimos nos limites superiores. Vale ressaltar que, ao menos teoricamente, deveria ser observado algum acréscimo no limite superior em R^- , visto que, tal população apresentou maior prolificidade. Fatores ambientais podem ter sido responsáveis pela não conversão desta maior prolificidade em maior peso de grãos por planta.

A subpopulação E^- apresentou uma redução em ambos os limites, sendo este mais acentuado no limite inferior. Como citado anteriormente, tal fato demonstra o valor desta população para fins de melhoramento. Em E^+ , verificou-se a mais forte redução no limite inferior, mas por outro lado, foi a única que demonstrou claramente aumento no limite superior, quando comparado com PO. Este fato, pode ser o responsável pela pequena redução de σ_A^2 para o caráter verificada nesta população, e também demonstra porque esta foi a única que apresentou uma produção superior à PO. Vale ressaltar ainda que a, exemplo de R^- , esta subpopulação apresentou um aumento no caráter prolificidade.

Outro aspecto a ser considerado quando se analisa o caráter produção de grãos, é a posição relativa de espiga (PRE), voltando-se à Tabela 11, verifica-se que embora R^- tenha apresentado os maiores índices de prolificidade, a posição relativa da espiga mostrou-se ligeiramente inferior à PO , e muito inferior à E^+ . A PRE verificada em R^- foi de 0,54 em Londrina e 0,48 em Vila Velha contra 0,64 e 0,57 verificada para E^+ em Londrina e Vila Velha, respectivamente. De acordo com MAGALHÃES e SILVA (1987) e FISHER et alii (1987) a inserção das espigas próxima das folhas que recebem maior radiação solar podem resultar em maior rendimento. Assim, embora R^- apresente maior prolificidade, a inserção de espigas próximas de folhas sombreadas acarreta menor conversão dos fotossintetizados em grãos.

O mesmo fato pode também justificar o equilíbrio na produção verificado entre R^- e R^+ . Embora R^+ , apresentasse número excessivo de pendões, apresentou por outro lado maior PRE, ocorrendo assim, um balanceamento entre perdas e ganhos. Isto pode ser válido ainda para E^- , cuja população apresentou a mais baixa PRE.

Até o momento comparou-se as estimativas obtidas nas quatro subpopulações com a população original, e também entre elas, visto ser este um dos principais objetivos do trabalho. A seguir procede-se a comparação entre as estimativas obtidas com os dados de literatura.

Ressalta-se que para tornar possível a comparação com os dados de literatura, a estimativa de σ_A^2 foi obtida para PG considerando $\sigma_A^2 = \sigma_D^2$ e para os demais caracteres, considerou-se $\sigma_D^2 = 0$ (progênes de irmãos germanos). Tal aproximação foi também utilizada por ABREU RODRIGUES (1991).

Para FF, os valores de σ_A^2 estimados variaram entre 5,277 (PO) à 2,367 (E^+). São poucos os dados de literatura referentes ao caráter. HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), relataram uma σ_A^2 média de 4,0 dias com base em 48 estimativas. Os valores obtidos por KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984) com a subpopulação ESALQ PB1 E^- II (segundo ciclo de seleção para menor AE) para o caráter foram de 7,72 e 5,24 dias, obtidos, respectivamente, com progênes S1 e de irmãos germanos, estando portanto, acima do valor aqui estimado para o caráter na subpopulação E^- .

Com relação à prolificidade, as comparações são mais difíceis, por tratar-se de um caráter mais complexo. Segundo MARIANI e DESIDÉRIO (1975) e ORDAS e STUCKER (1977), as variâncias genéticas aditivas e dominante se alteram de acordo com a densidade de plantio. HALLAUER (1974) citou que, embora o caráter seja de controle poligênico sua expressão obedece à uma distribuição discreta, ajustando-se assim à um caráter de umbral, no qual as condições ambientais exercem grande influência. Os valores estimados de σ_A^2 no presente

trabalho, mostraram uma variação de 11,8 ($\times 10^3$ espigas/plt) em E^- à 34,8 ($\times 10^3$ espigas/plt) em R^- . Tais valores são inferiores aos observados por SOARES FILHO (1987) e também inferior ao valor médio relatado por HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) que foi de $45,9 \times 10^3$ com 39 estimativas. A exemplo do ocorrido com as populações R^- e E^+ , REEDER et alii (1987) também relataram um aumento de σ_A^2 para o caráter prolificidade na população BS10, após 6 ciclos de seleção recorrente recíproca para produção.

Os valores de variância genética aditiva, estimados respectivamente para AP e AE, variaram de 131,11 e 68,85 cm em E^- à 281,36 e 194,34 cm em PO. Também encontram-se dentro dos limites relatados por MORAES (1989) em levantamento realizado com 36 estimativas em populações brasileiras. Nesse levantamento os valores extremos de variância genética aditiva estão entre 10 à 698 cm para AP e 10 à 548 cm para AE. Os dados obtidos estão também de acordo com a maioria dos trabalhos, onde são relatados uma magnitude maior de σ_A^2 para AP. KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984) estimaram os parâmetros genéticos na mesma subpopulação ESALQ PB1, E^- após dois ciclos de seleção. Os valores de σ_A^2 obtidos com progênies de irmãos germanos foram de 222,25 (cm/plt) para AP e 135,00 (cm/plt) para AE. Demonstrou-se assim que do ciclo II ao atual ciclo de seleção C_5 , a variância aditiva para estes caracteres continuou regredindo.

Para NR os dados da Tabela 1 mostram que os valores estimados por diversos autores para a variância genética aditiva, situaram-se entre 4,0 a 53,10. O valor mínimo foi obtido por REEDER *et alii* (1987) na população BS11, submetida à 6 ciclos de SRR para produção. Os dados obtidos pelos autores, mostraram uma drástica redução de σ_A^2 do ciclo C0 para C6, passando esta de 12,3 para 4,0. Por outro lado, o valor mais alto foi obtido por MOCK e SCHUETZ (1974) no cruzamento entre BSSS-11 e BSSS-261. No presente trabalho, o valor mais baixo foi obtido para a subpopulação R^- , situando-se este em 3,80 (ramificações/plt), portanto, muito próximo do valor relatado por REEDER *et alii* (1987). Também neste caso, verificou-se uma drástica redução de σ_A^2 entre P0, que equivale à C0 e o atual ciclo em que se encontra a população R^- . Já o valor mais alto, foi verificado na linha divergente R^+ e aproximando-se do valor de σ_A^2 relatado por MOCK E SCHUETZ (1974), situando-se em 50,69 (ramificações/plt). Esse valor foi superior aos demais valores relatados por ANDRADE e MIRANDA FILHO (1979), KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984) para o mesmo caráter e a mesma população, (Tabela 1).

Para o caráter PG, o maior valor foi estimado na população original (302,5 g/plt) e o menor valor na subpopulação E^- (160,4 g/plt). Mesmo o maior valor obtido, encontra-se aquém do valor médio relatado por HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) para diferentes tipos de população de

milho e que situou-se em 468,6 g/plt. Como no presente trabalho considerou-se $\sigma_A^2 = \sigma_D^2$, pode ter ocorrido uma subestimação de σ_A^2 . Os mesmos dados de HALLAUER e MIRANDA FILHO (1981) com população de milho, mostram que a razão σ_A^2/σ_D^2 foi de 1,76 sendo portando σ_D^2 equivalente a 76% de σ_A^2 .

As estimativas de herdabilidade foram obtidas ao nível de médias para os seis caracteres por população e por local (Tabela 23). A localidade de Vila Velha apresenta valores médios de maior magnitude para todos os caracteres. Em ambos os locais, os menores valores de herdabilidade foram obtidos para os caracteres FF e PRO e o maior valor para NR.

A Tabela 24 apresenta uma média entre as duas localidades e os valores médios por local referentes a cada caráter. Os maiores valores percentuais foram verificados para NR (70,28%), AP (66,07%) e AE com 63,73% e os menores valores para FF (52,30%) PRO (52,95%) e PG com 60,26%. Os dados de literatura também mostram essa mesma tendência. KASSOUF e MIRANDA FILHO (1984) obtiveram valores de herdabilidade ao nível de médias com progênies de IG de 83,34% para NR, 67,32% para AP, 65,85% para AE e 84,55% para FF, sendo este último, o único valor discordante. Os valores de PRO e PG encontra-se acima dos valores médios descritos por HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), porém SOARES FILHO (1987) obteve o valor de 59,00% de herdabilidade para

PRO. HALLAUER (1974) e MARIANI e DESIDÉRIO (1975) trabalhando com duas densidades de plantio relataram que a herdabilidade do caráter em baixa densidade foi o dobro da encontrada em alta densidade.

As menores variações de herdabilidade foram verificadas para os caracteres NR e PG e as maiores variações para PRO. Dos caracteres selecionados, a subpopulação E⁻ apresentou os menores valores de herdabilidade para AE e AP e a subpopulação R⁻ o menor valor para NR indicando a influência do processo seletivo na herdabilidade dos caracteres.

4.4. CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS

As Tabelas 25 e 26 apresentam, respectivamente, as correlações genéticas e fenotípicas por população dentro de locais, e a Tabela 27 apresenta as correlações genéticas e fenotípicas resultante das análises conjuntas e agrupadas. Deve-se ressaltar que as correlações genéticas foram obtidas com as variâncias e covariâncias genéticas totais entre progênies e, portanto, não expressam exatamente a tendência esperada de respostas correlacionadas por seleção indireta.

I - Correlação entre peso de grãos (PG) e número de ramificações do pendão (NR)

As correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_f), apresentaram valores variáveis entre as populações. Os dados resultantes das análises conjuntas mostraram valores positivos e significativos para as populações R^- , PO e E^- . Estes foram maiores em R^- , ficando em 0,265 e 0,236, r_g e r_f , respectivamente. Em E^+ os valores estiveram próximos de zero, indicando ausência de correlação. Em R^+ , os valores foram negativos, porém, somente em r_g este foi significativo. Nessa população, os valores de r_g e r_f foram de -0,107 e -0,014, respectivamente.

Os valores obtidos para as populações divergentes estão de acordo com FALCONER (1960) de que o processo de seleção, pode levar à uma inversão das correlações entre os caracteres. Do ponto de vista fisiológico, também é esperado que dentro da população R^- , muitas das plantas que apresentaram os menores valores de ramificações do pendão, pudessem ser ou desbalanceadas fisiologicamente, ou plantas mais homozigóticas e, portanto, menos produtivas. Assim, dentro dessa população, as plantas com maior NR seriam plantas mais balanceadas e mais produtivas. Vale ressaltar que a amplitude de variação do caráter NR na população R^- , foi de 8,2 a 20,0 ramificações/pendão, e mesmo o valor superior encontra-se ainda abaixo da média da população original (PO), que pode ser considerada normal em termos de ramificações do pendão.

Para a população R^+ a correlação negativa,

também pode ter explicações no desbalanceamento fisiológico das plantas com maior número de ramificações. Nesse caso, os valores máximos de 60 ramificações/pendão, foram muito superiores à qualquer média conhecida. Mesmo assim a correlação entre NR e PG nessa população, embora sendo negativa e significativa (r_g), foi de baixa magnitude, encontrando-se muito abaixo dos valores relatados por GERALDI, *et alii* (1985) e SOUZA JR. *et alii* (1985).

Para a população E^- , os valores positivos encontrados, podem ter sua justificativa nas mesmas hipóteses levantadas para a população R^- , visto que em E^- , também ocorreu uma redução em NR. Talvez aqui, o efeito da maior concentração de homozigotos tenha sido mais pronunciado. Em E^+ , os valores observados encontram-se muito próximos de zero.

Para a população original ESALQ PB1, os valores de r_g e r_f obtidos foram de 0,146 e 0,178, respectivamente. Estes são positivos e significativos embora não apresentem grande magnitude. Também aproximaram-se das estimativas obtidas por LORDÊLO (1982), AGUILAR MORAN (1984), SAMPAIO (1986) e SOARES FILHO (1987). Segundo este último autor, as associações positivas entre tais caracteres podem ser devidas às condições favoráveis durante o ciclo da cultura. SMITH *et alii* (1982) e SOUZA JR. *et alii* (1985), também argumentaram que a ocorrência de associações negativas entre tais caracteres tem se eviden-

ciado, particularmente em condições de estresse. No presente trabalho, embora tenha ocorrido períodos de seca durante o ciclo, no geral, as condições de clima podem ser consideradas normais e representativas das médias anuais em ambos os locais. Os dados de produção média acima de 8.000 kg/ha demonstram tal fato.

Vale ressaltar que se o conhecimento das correlações tem importância no planejamento e execução de um programa de melhoramento, então estas devem ser estabelecidas nas condições representativas dos ambientes em que serão desenvolvidos os programas de melhoramento ou as culturas melhoradas.

II - Peso de grãos e altura de plantas (AP)

Os valores obtidos podem ser considerados altos, mostrando boa consistência entre locais e populações.

Com relação aos locais, através das análises individuais, observou-se que as maiores magnitudes foram verificadas em Londrina. Quanto às populações, os menores valores foram da subpopulação R^- , sendo que nesta verificaram-se os únicos valores não significativos, tanto de r_g quanto de r_f na localidade de Vila Velha.

Comparando-se as populações divergentes, verificou-se que as magnitudes obtidas em R^+ foram quase o dobro das verificadas em R^- , situando-se os valores em

0,389 para r_g e 0,377 para r_f . Para as populações E^+ e E^- os valores foram muito semelhantes, situando-se em torno de 0,50.

Contrariando o esperado, as populações mais altas não apresentaram correlação negativa ou menores magnitudes em relação as populações mais baixas. Isso pode ser justificado pelo fato de que a população original, já foi sintetizada, e inicialmente melhorada, objetivando um material de porte baixo. Talvez o resultado fosse outro caso o processo de seleção divergente para altura de espigas estivesse sendo realizado em uma população de porte alto, como por exemplo "Asteca Prolífico" ou "Maya".

Outro aspecto a se considerar neste item, é o fato de que, além das correlações mostrarem-se todas positivas, estas foram de maior magnitude na população original. Esta, por não ter sofrido processo seletivo durante estes ciclos, deve apresentar maior variabilidade. Portanto, a desuniformidade entre progênies tende a ser maior, e como os ensaios foram conduzidos sem bordaduras entre progênies, as de maior porte podem ter dominado as mais baixas, tornando-se assim mais produtivas pelo simples efeito de competição.

Os dados sobre associações entre PGxAP compilados por MORAES (1989), mostraram uma correlação genética aditiva média de 0,32, com valores variando de 0,23 à 0,76; e correlação fenotípica média de 0,27, com limites de -0,18

e 0,47. Assim, os valores obtidos na população original, estão próximos ou ligeiramente superiores aos encontrados na literatura nacional. Como já salientado, os coeficientes de correlação genética aqui estudados também incluem as porções não aditivas nas variâncias e covariâncias.

III - Peso de grãos e altura de espigas (AE)

Os valores obtidos através de todas as análises mostraram-se positivas e significativas. À excessão da população R^- , as magnitudes aqui foram mais baixas do que as verificadas entre PGxAP. A influência de local não ficou clara neste item, verificando-se maiores magnitudes ora em Vila Velha, ora em Londrina.

Baseado nos relatos de FISCHER *et alii* (1987) e MAGALHÃES e SILVA (1987) de que plantas com inserção de espigas em posição mais próxima das folhas que recebem maior radiação solar devem ser mais produtivas, e em virtude da alta correlação positiva existente entre AP e AE, então os valores de PGxAE deveriam ser de igual ou maior magnitude que PGxAP. Esse fato, pode reforçar a tese de que o efeito de competição entre progênies se fez presente. No campo, progênies de plantas baixas, mesmo com inserção de espigas alta (alta PRE), podem ter sido 'sombreadas' por progênies de plantas altas e que tivessem até mesmo, inserção de espigas baixa (baixa PRE). QUEIROZ (1969), obteve um baixo coeficiente de correlação entre

progênes, no entanto, a correlação fenotípica obtida foi alta quando considerou-se o indivíduo dentro da progênie. Face aos valores contraditórios descritos na literatura, MIRANDA FILHO, (1974) e LIMA e PATERNIANI (1977), argumentaram que a associação entre PG e AE, deve ser propriedade intrapopulacional e que tal associação parece variável de acordo com a estrutura genética da população.

Mesmo considerando-se tais fatos, a influência ambiental devido à competição entre progênes deve ser melhor considerada, objetivando-se um melhor conhecimento de tal associação. JOSEPHSON e KINCER (1977), praticando seleção em dois sintéticos com o objetivo de redução da posição relativa da espiga (PRE), observaram que ao longo dos ciclos, a redução de PRE foi acompanhada pela redução na produção de grãos. Por outro lado, FISCHER *et alii* (1987) praticaram seleção com o mesmo objetivo, porém, selecionando também para menor área foliar acima da espiga, e obtiveram progressos não só em ambas as linhas de seleção mas também em produção de grãos.

IV - Peso de grãos e florescimento feminino (FF)

Os coeficientes estimados mostraram uma grande variação, tanto entre populações, quanto entre locais. A localidade de Vila Velha, pelo fato de promover alongamento do ciclo em todas as populações, promoveu também uma ampliação das magnitudes no sentido negativo. A

população R- mostrou uma correlação alta, significativa e positiva em Londrina, com r_g e r_f de 0,691 e 0,226 respectivamente. Estas caíram para 0,286 e 0,092 em Vila Velha. Para as populações R⁺ e E⁺ que apresentaram valores positivos, porém de baixa magnitude em Londrina, passaram a coeficientes negativos em Vila Velha. A única exceção coube à população E⁻, a qual não mostrou qualquer alteração, quer no sentido ou na magnitude. O fato de quatro populações terem mostrado grandes alterações em tal associação, pode ser devido à uma maior interação com o ambiente. Todos os ciclos de seleção foram realizados em Piracicaba e a avaliação das subpopulações em um ambiente que as expõem a um maior período vegetativo pode ter causado efeitos imprevisíveis sobre as populações.

A subpopulação E⁻, apresentou os valores negativos de maior magnitude, situando-se a correlação genética em -0,172 e correlação fenotípica em -0,178. Também foi unicamente nesta população que não se verificou alterações entre locais, quer no sentido quer na magnitude das mesmas. Tais valores, assemelharam-se ao valor médio descrito por HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988) para a mesma associação na população "Iowa Stiff Stalk Synthetic" que foi de -0,52. Segundo os autores, o efeito de endogamia retardou o ciclo, o que reforça a tese já citada de que a concentração de homozigotos nessa população deve ser maior do que nas outras. Assim, as plantas mais tardias, teriam

maior grau de homozigose, seriam menos vigorosas, e portanto, menos produtivas.

A grande amplitude de variação verificada nos coeficientes estimados para essa associação, por si demonstram e confirmam os relatos já citados de MIRANDA FILHO (1974) e LIMA e PATERNIANI (1977).

V - Peso de grãos e prolificidade (PRO)

Os coeficientes estimados para este item foram todos positivos e significativos, com excessão do valor da correlação genética da população E^- que situou-se próximo de zero. Não se verificou influência de locais. Também não se verificou diferenças entre as linhas divergentes R^- e R^+ . Para as linhas divergentes E^- e E^+ , as maiores magnitudes couberam à população E^+ .

No geral, os valores obtidos em R^- , R^+ e PO , estiveram muito próximos, situando-se entre 0,411 e 0,481. Em E^+ , os valores foram ligeiramente inferiores, com r_g de 0,287 e r_f de 0,393.

Os dados obtidos não constituem novidade, pois são inúmeros os relatos sobre a alta correlação entre esses caracteres. Entre outros, LONNQUIST (1967) e PATERNIANI (1980) obtiveram ganhos significativos para produção de grãos, selecionando-se unicamente para prolificidade. Por outro lado, SEGOVIA (1983), REEDER et alii (1987) e SOARES

FILHO (1987), relataram ganhos para o caráter prolificidade, selecionando-se apenas para peso de grãos.

VI - Número de ramificações do pendão (NR) e altura de plantas (AP)

Os valores estimados de um certo modo revelam ausência de correlação. As estimativas obtidas com base nas análises por locais, mostraram que tanto as correlações genéticas quanto fenotípicas, apresentaram acréscimos no sentido positivo na localidade de Vila Velha. A única exceção foi novamente a população E^- , a qual apresentou efeito inverso. Tal efeito apareceu mais marcadamente na população original. Aqui, para a correlação genética, obteve-se o valor de -0,215 em Londrina e 0,161 em Vila Velha, ambos altamente significativas. Das análises individuais, além desses, o único valor significativo de r_g foi verificado na população R^+ , sendo este de -0,234, em Londrina. Os demais dados não mostraram significância.

ANDRADE e MIRANDA FILHO (1980), estimando parâmetros genéticos em progênies de meios irmãos na mesma população ESALQ PB1, obtiveram para esta associação valores de correlação genética aditiva e correlação fenotípica da ordem de 0,361 e 0,168, respectivamente. Tais valores encontram-se acima até mesmo dos valores obtidos para a população PO.

VII - Número de ramificações do pendão e altura de espigas (AE)

As análises individuais mostraram o mesmo efeito de locais verificado em NRxAP; porém, as magnitudes aqui foram maiores, com muitos valores significativos. Na análise conjunta, com exceção dos coeficientes obtidos na população R⁺, os demais foram todos positivos e altamente significativos.

Na população R⁺, os valores estiveram muito próximos de zero, porém, ainda com sinal positivo. As populações R⁻, E⁺ e E⁻ apresentaram valores de r_f e r_g muito próximos com variação entre 0,123 à 0,161. Na população original, as correlações genética e fenotípica foram de 0,199 e 0,214 estando muito próximos dos valores obtidos por ANDRADE e MIRANDA FILHO (1980). Estão de acordo também com os relatos de PATERNIANI (1981) de que o tamanho do pendão exerce influência sobre a posição relativa da espiga, como resultado de um processo evolutivo.

VIII - Número de ramificações do pendão NR e florescimento feminino (FF)

Os coeficientes de correlação estimados para esta associação mostraram, através das análises por locais, uma grande influência ambiental para as populações PO, E⁻ e E⁺. Nestas, o sentido e magnitude das correlações genéticas e fenotípicas se alteraram de um local para outro

sendo negativos em Londrina e positivos em Vila Velha. Em geral, a localidade de Vila Velha, aumentou a correlação no sentido positivo. Para as populações R^- e R^+ , o sentido e magnitude das correlações não se alteraram entre um local e outro, embora existisse divergência entre elas, sendo os valores positivos em R^- e negativos em R^+ .

Em vista das interações verificadas nas populações PO , E^- , E^+ , na análise conjunta, os valores ficaram quase todos próximos de zero. Na população R^+ os valores de r_g e r_f foram de $-0,119$ e $-0,177$, respectivamente, e em R^- foram $0,185$ e $0,066$, indicando uma nítida divergência entre elas.

Embora de baixa magnitude, os valores médios obtidos mostraram certa consistência pois, nas populações que apresentaram alongamento do ciclo, as correlações entre NR e FF foram negativas e nas populações mais precoces as correlações foram positivas. Na literatura, não foram encontrados dados relativos a tal associação para que fosse possível uma comparação.

IX - Número de ramificações do pendão (NR) e prolificidade (PRO)

Os dados das análises por locais mostraram grande variação entre os ambientes. Novamente, verificou-se que a localidade de Vila Velha, exerceu influência no sentido positivo. Apenas na população E^+ é que os maiores

valores ocorreram em Londrina. Talvez, problemas de estande possam ter contribuído para alterar a expressão de ambos os caracteres, tornando tal associação muito errática.

Na análise conjunta, os valores mostraram-se positivos e altamente significativos em R^- e E^- , e próximos de zero em R^+ e E^+ . Na PO, a correlação genética foi de -0,092, sendo apenas significativa a 5% de probabilidade.

Valores altos e negativos foram relatados para tal associação por SOUZA JR *et alii* (1985) e SOARES FILHO (1987), situando-se a correlação genética aditiva em -0,648 e -0,630 respectivamente. Segundo esses autores, condições de estresse podem estar associados a esses valores. Como no presente caso não se verificou condições anormais severas, as correlações negativas observadas foram de baixa magnitude.

Nas populações R^- e E^- a correlação positiva observada, pode estar associada ao vigor, presumindo-se que as plantas com maior NR dentro dessas populações fossem plantas mais heterozigóticas e, portanto, mais vigorosas.

X - Altura de Plantas (AP) e altura de Espigas (AE)

Neste item, verificou-se as maiores magnitudes entre as associações estudadas. os dados são concordantes entre os locais, ocorrendo apenas maior magnitude dos valores em Londrina. Isto uma vez mais

evidencia a dificuldade de se praticar seleção para esses caracteres em Vila Velha.

Na análise conjunta, os valores obtidos tanto de correlação genética como fenotípica, apresentaram uma pequena variação entre 0,813 à 0,872, em todas as populações. Apesar dos dados não permitirem uma clara conclusão sobre o efeito da seleção para maior e menor AE sobre essa associação, existem indícios de que ela aumentou em E^+ e diminuiu em E^- . Os dados da Tabela 27 mostram que os menores coeficientes de correlação couberam à população E^- e os maiores à população E^+ .

Os dados médios compilados por MORAES (1989) para populações de milho nacionais, indicaram um coeficiente de correlação genética aditiva de 0,82 e correlação fenotípica de 0,78. ANDRADE e MIRANDA FILHO (1980), trabalhando com progênies da mesma população ESALQ PB1, obtiveram valores de correlação genética aditiva e correlação fenotípica de 0,840 e 0,676. HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), baseados em valores médios de diversas estimativas, também relataram que os maiores valores de correlações pertenceram à associação APxAE, citando valor médio de correlação fenotípica de 0,81.

XI - Correlação entre altura de plantas (AP) e florescimento feminino (FF) e altura de espigas (AE) e FF

Os valores de correlação genética obtidos

através das análises agrupadas por local, foram todas altamente significativas. A população E^- apresentou valores de mesma magnitude entre Londrina e Vila Velha, porém, com sentidos opostos. A correlação genética para tal população, foi de -0,416 em Londrina e 0,422 em Vila Velha. Para as demais populações, os valores foram todos positivos, oscilando entre 0,138 à 0,592. As correlações fenotípicas apresentaram valores mais variados entre localidades.

Os dados resultantes das análises conjuntas foram todos positivos e altamente significativos. os valores mais baixos de r_g e r_f , pertenceram à população E^- com 0,171 e 0,125, respectivamente e os mais altos pertenceram justamente à população divergente E^+ , com valores de r_g e r_f de 0,613 e 0,472. A baixa magnitude observada em E^- pode ser devido ao suposto efeito mencionado anteriormente, do maior nível de homozigose nesta população.

Os valores da correlação AExFF também foram todos positivos com pequenas alterações na magnitude dos dados. A exemplo de APxFF, aqui os menores valores de r_g e r_f também pertenceram à população E^- , sendo, respectivamente 0,099 e 0,047. Os maiores valores couberam a população E^+ e foram de 0,694 e 0,543.

Entre as populações R^- e R^+ , também evidenciou-se o efeito da seleção sobre a correlação APxFF e AExFF. Em ambas as populações, os valores foram positivos, porém, a magnitude foi maior em R^- .

Na população original, r_g e r_f foram de 0,417 e 0,278 para a associação APxFF e 0,617 e 0,460 para a associação AExFF. Os dados de literatura para essas associações são poucas. HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), relataram valores médios de correlação fenotípica de 0,32 para APxFF e 0,42 para AExFF.

XII - Correlação entre altura de plantas (AP) e prolificidade e altura de espigas (AE) e prolificidade

Os valores obtidos através das análises agrupadas por local variaram de forma errática, não confirmando efeito de locais, os valores de AExPRO foram algo inferiores aos valores estimados em APxPRO.

Os dados das análises conjuntas mostraram que na população E^- , os valores estiveram próximos de zero, com tendência de correlação negativa. Para as demais populações, os valores foram todos positivos e altamente significativos, porém, de média a baixa magnitude. Para a correlação APxPRO, esses valores variaram entre 0,240 à 0,359 e para AExPRO, estiveram entre 0,175 à 0,357.

Não existiram evidências do efeito da seleção sobre estas associações para as subpopulações R^+ e R^- . O efeito da seleção foi mais evidente entre E^+ e E^- devido aos valores negativos verificados em E^- . Estes podem ter sido motivados pela baixa prolificidade ou pela maior uniformidade para AP e AE dessa população.

XIII - Corelação entre florescimento feminino (FF) e prolificidade (PRO)

Os coeficientes obtidos por local, mostraram pronunciado efeito para aumentar as correlações genéticas no sentido positivo em Vila Velha. A única exceção foi para a população R^+ . As correlações fenotípicas só foram significativas para a população R^- , tanto em Londrina quanto em Vila Velha e para a população E^+ em Vila Velha. Os demais valores encontraram-se próximos de zero.

Na análise conjunta, os coeficientes estimados também mostraram valores mais expressivos nas populações R^- e E^+ . Vale ressaltar que essas foram as populações que apresentaram aumento de prolificidade em relação à população original. Contrastando-se as populações divergentes, verificou-se maior efeito da seleção sobre essa associação, entre as populações R^- e R^+ .

Interessante notar que principalmente nas populações R^- e E^+ , os valores das associações $AP \times FF$ e $AE \times FF$ também foram elevados. Isso demonstra que a redução de AP e AE , foi acompanhada de uma redução no ciclo, (MARECK e GARDNER, 1979 e TROYER, 1986). Essa redução no ciclo pode também ser acompanhada de uma redução na prolificidade, a exemplo do que ocorreu na população E^- . Porém, os valores mostraram que a correlação entre $FF \times PRO$ foi menor que $AE \times FF$. Assim, em um processo de seleção combinada, é

possível reduzir-se AP, AE e FF, sem reduzir ou mesmo aumentar PRO. PANDEY et alii (1986), praticando seleção combinada em oito populações de milho, obtiveram tal resultado.

Deve ser ressaltado também o fato da população R⁻ ter apresentado ligeira redução de AP e AE, forte redução no ciclo e aumento na prolificidade. Este último, pode ser devido à redução de NR, o que demonstra que tal caráter deve ser considerado nos programas de seleção combinada.

4.5. Considerações Finais

A forte redução de AP e AE verificada na subpopulação E⁻ mostra que a seleção recorrente foi eficiente para esses caracteres, permitindo ganhos expressivos em um período curto de seleção. Tal fato tem grande significado visto serem estes caracteres de grande importância nos programas de melhoramento. Ressalta-se também a redução de ciclo verificada nessa mesma subpopulação tornando-a uma excelente fonte para precocidade. De acordo com a classificação atual das cultivares em relação ao ciclo, a subpopulação E⁻ encontra-se dentro do grupo de cultivares super precoces.

A subpopulação R⁻ também apresentou ligeira redução de AP, AE e FF, porém, como característica mais marcante, ressaltase o grande aumento verificado em PRO.

Essas características também tornam tal subpopulação em uma excelente fonte de germoplasma.

As subpopulações E^+ e R^+ , também mostraram os ganhos de seleção esperados. Porém, aumentos em AP, AE e Nr são indesejáveis em um programa de melhoramento.

Do ponto de vista de genética quantitativa, os resultados obtidos são de grande importância. Com relação à estimativa de parâmetros genéticos, destacam-se a amplificação da variabilidade para o caráter NR em R^+ , sua drástica redução em R^- e também a redução da variabilidade para o caráter AE em E^- .

O aumento da variabilidade verificado para NR em R^+ pode ser devido ao aumento da frequência alélica nessa subpopulação e para tal caráter. Como já citado por ANDRADE (1988), os ciclos iniciais de seleção para rendimento na população ESALQ PB1, podem indiretamente terem diminuído também a frequência alélica para maior NR. A tabela 28 mostra que o aumento da frequência alélica para maior NR em R^+ ocorreu justamente nos ciclos iniciais de seleção divergente. ANDRADE (1988) comparando os valores médios de NR entre as subpopulações R^- e R^+ , relatou resposta assimétrica para o caráter com ganhos de -26,5% em R^- e 42,8% em R^+ . Já os dados obtidos após cinco ciclos de seleção mostram melhor simetria de resposta com valores de -53,6% em R^- e 56,6% em R^+ . Por outro lado, as reduções da variabilidade observadas para NR em R^- e para AE em E^- dão

indícios de que seja necessário, em breve, a adoção de métodos de seleção que explorem uma quantidade maior da variância aditiva.

Com relação à produção de grãos, os resultados foram praticamente idênticos para todas as subpopulações. Aqui, as comparações são cada vez mais difíceis. Além da natural complexidade do caráter, segundo STEBBINS (1970), podem ocorrer respostas diferentes à uma mesma mudança ambiental quando uma população é subdividida em pequenas subpopulações, cada uma possuindo um conjunto gênico ligeiramente diferenciado. A tabela 11 mostra que as subpopulações já apresentam muitas diferenças entre si.

A exemplo do trabalho iniciado por HOPKINS, acredita-se que este deve ter continuidade por muitos ciclos. Seria interessante também, os trabalhos de seleção reversa com estas subpopulações. Isto permitiria, por exemplo, observar-se no futuro a possibilidade da seleção reversa em dois ciclos diferentes e distantes, mas de uma mesma subpopulação.

5. CONCLUSÕES

- Após cinco ciclos de seleção divergente para NR e AE dos caracteres analisados, o menos afetado foi produção de grãos.

- O processo contínuo de seleção divergente, em função do ciclo, está levando as populações contrastantes E^- e E^+ ao isolamento reprodutivo.

- Verificou-se expressiva amplificação de variância genética para o caráter PRO nas populações R^- e E^+ e para o caráter NR na população R^+ .

- As reduções mais drásticas da variância genética ocorreram para o caráter FF em E^+ , para NR em R^- e para os caracteres AP, AE e PG em E^- .

- A correlação entre AP e AE manteve-se como a mais elevada, não apresentando modificações com os ciclos de seleção. As demais correlações sofreram alterações de maior ou menor grau, não só em função da seleção, mas também por fatores ambientais.

- A correlação de outros caracteres com produção de grãos é complexa e exige maior rigor experimental, fixação de parâmetros para a experimentação e melhor conhecimento dos processos fisiológicos da planta e suas

relações com o ambiente.

- A influência ambiental foi mais acentuada para os caracteres FF e PRE. A localidade de Vila Velha promoveu um alongamento do ciclo e uma redução na posição relativa da espiga em todas as populações.

- As maiores interações entre genótipos e ambientes foram verificadas para produção de grãos.

- Os dados obtidos em um único ano e em apenas dois locais, não permitem concluir que as populações diferem significativamente com relação à produção de grãos.

- Do ponto de vista prático, as populações R⁻ e E⁻ mostraram-se mais promissoras para serem incorporadas em programas de melhoramento, por possuírem outros atributos desejáveis. Em especial a população R⁻, que mostrou excelente índice de prolificidade.

- Do ponto de vista teórico, o trabalho deve prosseguir, pois permitirá o estudo mais aprofundado sobre a estrutura genética e o comportamento de cada população com o decorrer dos ciclos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, A.E. & CRANE, P.L. Further selection for lower ear height in maize. **Crop Science**, Madison, 12:165-7, 1972.

AGUILAR MORAN, J.F. Avaliação do potencial genético de linhagens e respectivos testadores obtidos de duas populações de milho (*Zea mays* L.), Piracicaba, 1984, 118 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ALBRECHT, B. & DUDLEY, J.W. Divergent selection for stalk quality and grain yield in an adapted x exotic maize population cross. **Crop Science**, Madison, 27: 487-94, 1987.

ANDERSON, I.C. Plant characteristics that affect yield. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY - RESEARCH CONFERENCE, 22., Chicago, 1967. **Proceedings**. Washington, 1967. American Seed Trade Association p. 71-73.

ANDERSON, I.C. Possible practical applications of chemical pollen control in corn and sorghum seed production. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY - RESEARCH CONFERENCE, 26., Chicago, 1971. American Seed Trade Association, 1971; 26

p. 22-6.

ANDRADE, J.A.C. Seleção divergente para tamanho do pendão e posição da espiga na população ESALQ PB-1 de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1988. 136 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

ANDRADE, J.A.C. & MIRANDA FILHO, J.B. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres do pendão na população ESALQ-PB1 de milho. *Rel. Cient. Inst. Genética*, Piracicaba, **13**: 15-21, 1979.

ANDRADE, J.A.C. & MIRANDA FILHO, J.B. Correlações genéticas e fenotípicas envolvendo caracteres da planta e do pendão do milho. *Rel. Cient. Inst. Genética*, Piracicaba, **14**:5-10, 1980.

AYALA OSUNA, J.; ARAUJO, S.M.C.; BANZATTO, D.A. Avaliação do tamanho do pendão em relação à alguns caracteres agronômicos em duas populações de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 15., Maceió, 1984. *Anais*. Brasília, EMBRAPA/DDT, 1986, p. 147-51.

BENITEZ TORRES, L. Avaliação de progênies de irmãos germanos obtidos por cruzamento em cadeia em duas populações de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1986. 102 p. Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

BERZONSKY, W.A.; HAWK, J.A. Agronomic features of two maize synthetics selected for high and low stalk - crushing strength **Crop Science**, Madison, 26: 871-5, 1986.

BINGHAN, J. The physiological determinants of grain yield in cereal. **Agricultural Progress**, LONDON, 44: 30 - 42, 1969.

BRUNINI, O.; ALFONSI, R.R.; PAES DE CAMARGO, M.B. Efeito dos elementos climáticos no desenvolvimento da cultura do milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUTIVIDADE DO MILHO - SPM., Londrina, 1983. **Anais**. Londrina, IAPAR, 1983. p. 21-40.

BUREN, L.L; MOCK, J.J.; ANDERSON I.C. Morphological traits in maize associated with tolerance to high plant density. **Crop Science**, Madison, 14: p. 26-9, 1974.

CAMUSSI, A.; OTTAVIANO, E.; BASSO, B.; PIRILLO, E. Photosynthetic rate as a yield component of maize in environmental restrictive conditions. **Journal of Genetics & Breeding**, Roma, 43: 37-43, 1989.

COMSTOCK, R.E. Selection procedures in corn improvement. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY - RESEARCH CONFERENCE, 19., Chicago, 1964, **Proceedings**. Washington, 1964. American Seed Trade Association p. 269-74.

COMSTOCK, R.E. & ROBINSON, H.F. The components of genetic

variances in populations, of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance.

Biometrics. Raleigh, 4: 254-66, 1948.

COORS, J.G. & MARDONES, M.C. Twelve cycles of mass selection for prolificacy in maize I. Direct and correlated response. **Crop Science**, Madison, 29: 262-6, 1989.

CORTEZ-MENDOZA, H. & HALLAUER, A.R. Divergent mass selection for ear length in maize, **Crop Science**, Madison, 19: 175-8, 1979.

CRISOSTOMO, J.R. Estimaco de parâmetros genéticos visando seleo em dois compostos de milho (*Zea mays* L.) Piracicaba, 1978. 71 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

CROSBIE, T. M. & PEARCE, R. B. Effects of recurrent phenotypic selection for high and low photosynthesis on agronomic traits in two maize population. **Crop Science**, Madaison, 22: 809 - 13, 1982.

CROSS, H.Z.; CHYLE, J.R. e HAMMOND, J.J. Divergent selection for ear moisture in early maize. **Crop Science**, Madison, 27: 914-8, 1987.

CROSS, H.Z. & ZUBER, M.S. Interrelationships among plant height, number of leaves and flowering dates in maize.

Agronomy Journal, New York, 65: 71-4, 1973.

D'AYALA VALVA, F. Perspectivas de seleção para alto teor de açúcar no colmo de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1979. 86 p (Doutorado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

DARRAT, L.L.; EBERHART, S.A.; PENNY, L.H. A maize breeding methods study in Kenya. **Crop Science**, Madison, 12: 605-8 1972.

DOBZHANSKI, TH. Speciation as a stage in genetic divergence. **American Naturalist**, Lancaster, 74 : 312 - 21, 1940.

DUDLEY, J.W. & LAMBERT, R.J. Genetic variability after 65 generations of selection in illinois high oil, low oil, high protein, and low protein strains of *Zea mais* L. **Crop Science**, Madison, 99: 179-81, 1969.

DUDLEY, J.W.; LAMBERT, R.J.; ALEXANDER, D.R. Seventy generations of selection for oil and protein concentration in the maize kernel. In: DUDLEY, J.W ED: **Seventy Generations of Selection for Oil and Protein in Maize**. Madison, Crop Science Society of America, 1974, Corp. 9. 181-212.

DUDLEY, J.W. Seventy six generations of selection for oil and protein percentage in maize. In: International conference Quantitative Genetics, 1. Ames, 1977.

- Proceedings.** Ames, Iowa State University Press, 1977. p. 455-73.
- DUNCAN, W.G; WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S. Tassels and the productivity of maize. **Crop. Science**, Madison, 7: 37-9, 1967.
- DUVICK, D.N. Continuous back-crossing to transfer prolificacy to a single-eared inbred line of maize. **Crop Science**, Madison, 14:69-71, 1974.
- EBERHART, S.A. Least square methods for comparing progress among recurrent selection method. **Crop Science**, Madison, 4:230-1, 1964.
- EARLEY, E.B.; MILLER, R.J; RICHERT, G.L.; HAGEMAN, R.H. e SEIF, R.D. Effects of shade on maize production under field conditions. **Crop Science**, Madison, 6:1-7 1966.
- EASTIN, J.A. C-14 labeled photosynthate export from fully expanded corn (*Zea mays* L) leaf blades. **Crop Science**, Madison, 10:415-8, 1970.
- EDMEADES, G.O.; FAIREY, N.A. e DAYNARD, T.B. Influence of plant density on the distribution of C labelled assimilate in maize at flowering. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, 59:577-584. 1979.
- FAKOREDE, M.A.B. Interrelationships among grain yield and agronomic traits in a syntetic populations of maize.

Maydica, Bergamo, 24:181-92, 1979.

FAKOREDE, M.A.B. & MOCK, J.J. Changes in morphological and physiological traits associated with recurrent selection for grain yield in maize. **Euphytica**. Wageningen, 27:397-409, 1978.

FALCONER, D.S. **Introduction to quantitative genetics**. New York, The Ronald Press Company. 1960, 429 p.

FISCHER, K.S.; EDMEADES, G.O. e JOHNSON, E.C. Recurrent selection for reduced tassel branch number and reduced leaf area density above the ear in tropical maize populations. **Crop Science**, Madison 27:1150-4, 1987.

GARDNER, C.O.; HARVEY, P.H.; CONSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. Dominance of genes controlling quantitative caracteres in maize. **Agronomy Journal**, New York, 45:186-91 1953.

GERAGE, A.C.; BIANCO, R.; NAZARENO, N.R.X; OLIVEIRA, E.L.; ARAUJO, P.M. Avaliação estadual de cultivares de milho. **Informe da Pesquisa - IAPAR**, Londrina, 75:59 p. 1987.

GERAGE, A.C.; GOMES, J.; BIANCO, R.; CARNEIRO, G.E.S. Avaliação estadual de cultivares de milho - safra 1988/89. **Informe da Pesquisa - IAPAR**, Londrina, 89:47 p. 1989.

GERALDI, I.O. Estimação de parâmetros genéticos de caracteres do pendão em milho (*Zea mays* L.) e

perspectivas de melhoramento. Piracicaba, 1977, 103 p (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

GERALDI, I.O.; MIRANDA FILHO, J.B.; VENCovsky, R. Estimates of genetic parameters for tassel characters in maize (*Zea mays* L.) and breeding perspectives. *Maydica*, Bergamo, 30:1-14, 1985.

GHINI, R. & MIRANDA FILHO, J.B. Herdabilidade da altura da planta e da espiga no segundo ciclo de seleção da população ESALQ-PB-1 de milho *Rel. Cient. Inst. Genética*, Piracicaba, 13:130-7, 1979.

GIESBRECHT, J. The inheritance of ear height in *Zea mays*. *Canadian Journal of Genetic and Cytology*, Quebec, 3:26-33, 1961.

GOMES, J. & KARASAWA, M. Como a planta de milho se desenvolve In: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina-PR. *O milho no Paraná*, Londrina, 1982, (circular IAPAR, 29) cap. 3. p. 33-50

GRANT, V. Divergence of species: primary speciation. In: _____ ed. *Plant speciation*. New York, Columbia University Press, 1971. cap. 8, p. 105-25.

HALLAUER, A.R. Change in genetic variance for seven plant and ear traits after four cycles of reciprocal recurren-

- te selection for yield in maize. **Iowa State Journal of Science**. Iowa **45**: 575-93, 1971.
- HALLAUER, A.R. Heritability of prolificacy in maize. **The Journal of Heredity**, Washington, **65**: 163-8, 1974.
- HALLAUER, A.R. & MIRANDA FILHO, J. B. **QUANTITATIVE GENETICS IN MAIZE BREEDING**. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, 1988, 468 p. 2ª edição.
- HARLAND, S.C. A new method of maize improvement. **Trop. Agric.** **23**:114, 1946.
- HARRIS, R.E.; MOLL, R.H. e STUBER, C.W. Control and inheritance of prolificacy in maize. **Crop Science**, Madison, **16**:594-8, 1976.
- HARTUNG, R. C. Divergent phenotypic recurrent selection for effective filling period duration rate in maize. **Dissertation Abstracts International**, Ann. Arbor, **45**(4): 108 2B - 108 3B, 1984.
- HARVILLE, B.G.; JOSEPHSON, L.M.; KINCER, H.C. Diallel analysis of ear height and associated characters in corn. **Crop Science**, Madson, **18**: 273-5, 1978.
- HESKETH, J.D.; CHASE, S.S.; NANDA, D.K. Environmental and genetic modification of leaf number in maize, sorghum and hungarian millet. **Crop Science**, Madison, **9**:460-3,

1969.

HUNTER, R.B., DAYNARD, T.B.; HUME, D.J.; TANNER, J.W.;
CURTIS, J.O. e KANNENBERG, L.W. Effect of tassel removal
on grain yield of corn (Zea mays L). **Crop Science**,
Madison, 9: 405-6, 1969.

HUNTER, R.B.; HUNT, L.A.; KANNENBERG, L.W. Photoperiod and
temperature effects on corn. **Canadian Journal of Plant
Science**. Ottawa, 54:71-8, 1974.

JOHNSON, E.C.; FISCHER, K.S.; EDMEADES, G.O.; PALMER,
A.F.E. Recurrent selection for reduced plant height in
lowland tropical maize. **Crop Science**, Madison, 26: 253-
60, 1986.

JOSEPHSON, L.M. Combining prolificacy and earliness. In: 16
Annual Hybrid Corn Industry Research Conference
Proceedings 16: 45-52. 1961

JOSEPHSON, L. M. & KINCER, H.C. Selection for lower place-
ment in two synthetic populations of maize. **Crop Scien-
ce**, Madison, 17:499-502, 1977.

KASSOUF, A.L. & MIRANDA FILHO, J.B. Variabilidade e
endogamia na população de milho ESALQ-PB1. In: Congresso
Nacional de Milho e Sorgo, 15, Maceió, 1984. **Anais**,
Brasília, Departamento de Difusão de Tecnologia, 1986 p.
119-31.

- KEMPTHORNE, O. **An Introduction to genetic statistics**. 3th imp. New York, John Wiley & Sons, 1966, 545 p.
- KIESSELBACK, T.A. Development and structure of the reproductive organs. In: **The structure and reproduction of corn**. (Research bulletin nº 161) Nebraska Agricultural Experiment Station, University of Nebraska, 1949. cap. 4 p. 37-57.
- KIESSELBACK, T. A. Progressive development and seasonal variations of the corn crop. **Nebraska Agricultural Experimental Station Research Bulletin Nebraska**, (166). 1950.
- KOLLER, L. & MUNDSTOCK, C.M. Distribuição da matéria seca na planta durante o período de formação dos grãos em seis cultivares de milho. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO**, Recife 1972. **Anais**. Recife, SUDENE, 1972. p. 150-8.
- LAMBERT, R.J. & JOHNSON, R.R. Leaf angle, tassel morphology, and the performance of maize hybrids. **Crop Science**, 18:499-502, 1978.
- LAVENDOVSKI, I.M.F. Alocação diferencial de recursos em populações de milho (*Zea mays* L). Piracicaba, 1987, 87 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

LENG, E.R. Selection reversal in strains of corn previously long term selected for chemical composition. **Crop Science**. Madison, 2:167-70, 1962.

LIMA, M. & PATERNIANI, E. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies de meios irmãos de milho (*Zea mays* L.) ESALQ VD-2 MI-HS III e suas implicações no melhoramento. **Relat. Cient. Inst. Genética**, Piracicaba, 11:84-9, 1977.

LIMA, M.; FURLANI, P.R.; MIRANDA FILHO, J.B. Divergent selection for aluminum tolerance in a maize (*Zea mays* L.) population. **Maydica**, Bergamo, 37:123-32, 1992.

LINDSEY, M.F.; LONNQUIST, J.H.; GARDNER, C.O. Estimates of genetic variance in open-pollinated varieties of cornbelt maize. **Crop Science**, Madison, 2:105-108, 1962.

LONNQUIST, J.H. Progress from recurrent selection procedures for the improvement of corn population. **Nebraska Agricultural Exp. Est. Research Bulletin** 197, 1961, 33 p.

LONNQUIST, J.H. Mass selection for prolificacy in maize, **Der Zuchter**. Berlin, 37:185-8, 1967.

LOOMIS, R.S. & WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: Patterns with leaves p. 27-47. In: EASTIN, J.D. et alii (eds) **Physiological aspects of Crop Yield**, Madison, USA, American Society of Agronomy,

p. 27-47, 1969.

LORDELO, J.A.C. Parâmetros genéticos das populações de milho Piranão VD-2 e Piranão VF-1. Piracicaba, 1982. 63 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

LYNCH, M. The rate of polygenic mutation. **Genetical Research**, Cambridge, 51:137-48, 1988.

MAGALHAES, A.C. & SILVA, W.J. Determinantes genéticos-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. e G.P. VIEGAS eds. **Melhoramento e produção do milho**, Fundação Cargill, Campinas, 1987, cap. 11 p. 423-50.

MARECK, J.H. & GARDNER, C.O. Response to mass selection in maize and stability of resulting population. **Crop Science**, Madison, 19:779-83, 1979.

MARIANI, G. & DESIDERIO, E. Grain yield and prolificacy in maize. 2º diallel analysis of eight inbreds from the O.P. variety "Nostrano Deli' Isola" at two densities. **Maydaica**, Bergamo, 20:95-110, 1975.

MARQUES, J.R.B. Seleção Recorrente com endogamia em duas populações de milho (*Zea Mays* L.) Piracicaba. 1988. 145p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

MARTIN, M.J. & RUSSEL, W.A. Correlated responses of yield and other agronomic traits to recurrent selection for stalk quality in a maize synthetic. *Crop Science*, Madison, 24:746-50, 1984.

MESSMER, M.J.; LAMBERT, R.J.; HAGEMAN, R.H. Classification of certain N traits as criteria for the identification of productive maize genotypes. *Crop Science*, Madison, 24:605-8, 1984.

MIRANDA FILHO, J.B. Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com ênfase na produtividade e no porte da planta. Piracicaba, 1974. 116 p. (Doutorado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

----- Componentes da variancia genética em progênies de cruzamentos em cadeia. *Rel. Cient. Inst. Genética.*, Piracicaba, 16:77-86, 1982.

MOCK, J.J. & SCHUETZ, S.H. Inheritance of tassel branch number in maize. *Crop Science*, Madison, 14 885-8, 1974.

MOCK, J.J. & PEARCE, R.B. An ideotype of maize. *Euphytica*, Wageningen, 24:613-23, 1975.

MOLL, R.H.; STUBER, C.W.; HANSON, W.D. Correlated response and response to selection index involving yield and ear height of maize. *Crop Science*, Madison, 15:243-8, 1975.

- MOLLARETTI, G.; BOSIO, M.; GENTINETTA, E.; MOTTO, M.
Genotypic variability for N-related traits in maize.
Identification of inbred with high or low levels of NO_3 -N in the stalks. *Maydica*, bergamo, 32: 309-23, 1987.
- MORAES, M.L.T. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres: Produção de grãos, altura de planta e altura de espiga em populações de milho. Piracicaba, Depto. de Genética/ESALQ, 1989 40 p. (Monografia).
- MOSS, D.N. & STINSON, H.T. Differential response of corn hybrids to shade. *Crop Science*, Madison, 1:416-8, 1961.
- MOSTUT, A.J.; MARAIS, J.N. The effects of detassiling on the yield of irrigated maize. *Crop Prod*, Pretoria, 11:163-167. 1982.
- NYHUS, K.A.; RUSSEL, W.A.; GUTHRIE, W.D. Changes in agronomic traits associated with recurrent selection in two maize synthetics. *Crop Science*, Madison, 29:269-75, 1989.
- OBILANA, A.T. & HALLAUER, A.R. Estimating of variability of quantitative traits in BSSS by using unselected maize inbred lines. *Crop Science*, Madison, 14:99-103, 1974.
- ODHIAMBO, M.O. & COMPTON, W.A. Twenty cycles of divergent mass selection for seed size in corn. *Crop. Science*, Madison, 27:1113-6, 1987.

ORDAS, A. & STUCKER R.E. Effect of planting density on correlations among yield and its components in two corn populations. *Crop Science*, Madison, 17: 926-9, 1977.

PAL, S.S.; KHEHRA, A.S.; DHILLON, B.S. Genetic analysis of and selection advance in a maize populaltion. *Maydica*, Bergamo, 31:153-62, 1986.

PALMER, A.F.E.; HEICHEL, G.H. MUSGRAVE, R.B. Patterns of translocation, respiratory loss, and redistributions of ¹⁴C in maize labeled after flowering. *Crop Science*, Madison, 13:371-6, 1973.

PANDEY, S.; DIALLO, A.O.; ISLAM, T.M.T.; DEUTSCH, J. Progress from selection in eight tropical maize populations using international testing. *Crop Science*, Madison, 26:879-84, 1986.

PATERNIANI, E. Selection for reproductive isolation between two populations of maize, *Zea mays* L. *Evolution*, Kansas, 23:534-47, 1969.

----- Seleção massal com controle biparental para prolificidade em milho. *Rel. Cient. Inst. Genética*, Piracicaba, 14: 69-76, 1980.

----- Influence of tassel size on ear placement in maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, Bergamo, 26:85-91, 1981.

----- O tamanho do pendão e suas relações com a altura relativa e com a produtividade no ensaio nacional de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 14, Florianópolis, 1982. Resumos. Florianópolis, 1982. p. 36.

PATERNIANI, E. & GERALDI, I.O. Seleção para redução do tamanho do pendão em duas variedades de milho braquítico. Rel. Cient. Inst. Genética, Piracicaba, 14:97-104, 1980.

PENDLETON, J.W.; SMITH, G.E.; WINTER, S.R.; JOHNSTON, T.J. Field investigations of the relationships of leaf angle in corn (*Zea mays* L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agronomy Journal, New York, 60: 422-4, 1968.

PENNY, L.H.; RUSSEL, W.A. & SPRAGUE, G. F. Types of gene action in yield heterosis in maize. Crop Science, Madison, 2:341-4, 1962.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. Piracicaba, Livraria Nobel S.A., 1987, 467 p.

POEY, R.R.; GRAJEDA, J.E.; FERNANDEZ, O.I. e SOTO, F. Effect of detassiling on maize grain yield components. Agron. Abstract Am. Soc. of Agronomy, Madison, W.I. p. 44, 1977.

- POZAR, G. Interação da arquitetura da planta e espaçamento na produtividade do milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1981. 75 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- QUEIROZ, M.A. Correlações genéticas e fenotípicas em progênies de meiosirmãos de milho (*Zea mays* L.) e suas implicações no melhoramento. Piracicaba, 1969. 71 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- REEDER, L.R., HALLAUER, A.R. LAMKEY, K.R. Estimation of genetic variability in two maize populations. *The Journal of Heredity*, Washington, 78 372-6, 1987.
- REIS, F.P.; SILVA, J.C.; REGAZZI, A.J.; OLIVEIRA, L.M. Herdabilidades, correlações e índices de seleção em milho. *Revistas Ceres*, Viçosa, 29:268-83, 1982.
- RISSI, R. Estimação de parâmetros genéticos em duas subpopulações da variedade de milho (*Zea mays* L.) Piranão. Piracicaba, 1980. 87 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RIVERA, J.A. Efecto de la selección masal para altura de mazorca sobre otros caracteres en las variedades de mays. Chapingo. México, 1970. (M.C. tesis - Escuela Nacional de Agricultura - Colégio de post-graduados).

ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E.; HARVEY, P.H. Genetic variances in open pollinated varieties of Corn **Genetics**, Princeton, 40:45-60, 1955.

ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E.; HARVEY, P.H. Genotypic and phenotypic correlations in corn and their implications in selection. **Agronomy Journal**, Madison, 43: 282-7, 1951.

RODRIGUES, J.C.A. Potencial de populações de milho (Zea Mays L.) obtidas de materiais exóticos, Piracicaba, 1991, 114 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)

ROOD, S.B.; MAJOR, O.J. Diallel analysis of leaf number, leaf development rate, and plant height. **Crop Science**, Madison, 21: 867-73, 1981.

RUSSEL, W.A. Types of gene action at three gene loci in sublimes of a maize inbred line. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, 13:322-34, 1971.

----- Genetic effects and genetic effect x year interactions at three gene loci in sublimes of maize inbred line. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, Ottawa, 18:23-33, 1976.

RUSSEL, W.A.; SPRAGUE, G.F.; PENNY, H.L. Mutations affecting quantitative characters in long-time inbred lines

of maize. **Crop Science**, Madison, 3:175-8, 1963.

SAMPAIO, N.F. Propriedades genéticas e potencial para o melhoramento dos compostos de milho (*Zea mays* L.) ESALQ PB-4 e ESALQ PB-5. Piracicaba, 1986. 105 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SANTOS, M.X. Estudo do potencial genético de duas raças brasileiras de milho (*Zea Mays* L.) para fins de melhoramento. Piracicaba, 1985, 186 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SEGOVIA, V.F.S. Avaliação da seleção massal em ambos os sexos para prolificidade em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1983, 91 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SILVA, N.V.B. Balanço de radiação solar de ondas curtas em milho (*Zea mays* L.) cultivar Cargill 111. Piracicaba, 1984. 83 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SINCLAIR, T.R. & LEMON, E.R. Penetration of photosynthetically active radiation in corn canopies. **Agronomy Journal**, New York, 66: 201-5, 1974.

SINGH, H.; RAI, B.; ASNANI, V.L. Morphophysiological basis for the expression of grain yield in brachytic 2 dwarf maize and its normal counterparts. **Indian Journal Agric.**

Science, New Delhi, **47**, 341-5, 1977.

SINGH, R.; KHEHRA, A.S.; DHILLON, B.S. Genetic architecture of two heterotic populations of maize. **Maydica**, Bergamo, **30**:31-6, 1985.

SING, M.; KHEHRA, A.S.; DHILLON, B.S. Direct and correlated response to recurrent full sib selection for prolificacy in maize. **Crop Science**, Madison, **26**:275-8, 1986.

SMITH, C.S.; MOCK, J.J.; CROSBIE, T.M. Variability for morphological and physiological traits associated with barrenness and grain yield in the maize population, Iowa Upright Leaf Synthetic #1. **Crop Science**, Madison, **22**:828-832, 1982.

SOARES FILHO, W.S. Características fenotípicas e genéticas das populações de milho (*Zea mays* L.) braquiático Piranão VD2B e Piranão VF1B. Piracicaba, 1987. 185 p. (Doutorado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

SOLBRIG, O.T. & SOLBRIG, D.J. **Introduction to population biology and evolution**. London, Addison - Wesley, 1979, 468 p.

SOUZA JR., C.L.; GERALDI, I.O.; ZINSLY, J.R. Influence of tassel size on the expression of prolificacy in maize (*Zea mays* L.). **Maydica**. Bergamo, **30**:321-8, 1985.

SPRAGUE, G. F.; RUSSEL, W.A.; PENNY, L.H. Mutations affecting quantitative traits in the selfed progeny of doubled monoploid maize stocks. **Genetics**. Princeton, 45:855-66, 1960.

STEBBINS, G.L. O isolamento reprodutivo e a origem das espécies. In ed. _____ **Processos de evolução orgânica**. São Paulo, EDUSP/Polígono, 1970, cap. 5, p. 116-53.

STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**, New York, McGraw Hill Book Co. Inc., 1960. 481 p.

STUBER, C.W.; MOLL, R.H.; HANSON, W.D. Genetic variances and interrelationships of six traits in a hybrid population of (*Zea mays* L.) **Crop Science**, Madison 6:455-8, 1966.

SUBANDI; COMPTON, W.A. Genetic studies in an exotic population of corn (*Zea mays* L.) grown under two plant densities. **Theoretical and applied genetics**, Berlin, 44:153-159, 1974.

TEYKER, R.H.; MOLL, R.H. & JACKSON, W.A. Divergent selection among maize seedling for nitrate uptake. **Crop Science**, Madison, 29:879-84, 1989.

THODAY, J.M. & GIBSON, J.B. Isolation by disruptive selection. **Nature** London, 193:1164-6, 1962.

- THOMPSON, D.L. Recurrent selection for stalk lodging resistance and susceptibility in two populations of corn. *Agronomy Abstracts*, Madison, 62: p. 21, 1970.
- THOMPSON, D.L. Grain yield of two synthetics of corn after seven cycles of selection for lodging resistance. *Crop Science*, Madison, 22:1207-10, 1982.
- TORREGROZA, C.M. Ocho ciclos de seleccion massal divergente por mazorcas por planta en una variedad sintetica de maiz. *Revista Facultad Nacional de Agronomia*, Medellin, 29:3-25, 1974.
- TRIPATHY, P.C.; EASTIN, J.A., SCHRADER, L.E. A comparison of ¹⁴C labeled photosynthate export from two leaf position in a corn (*Zea mays* L.) Canopy. *Crop Science*, Madison, 12:495-7, 1972.
- TROYER, A.F. Selection for early flowering in corn: 18 adapted F2 populations. *Crop Science*, Madison, 26:283-5, 1986.
- TROYER, A.F. & BROWN, W.L. Selection for early flowering in corn. *Crop Science*, Madison, 12:301-4, 1972.
- VALOIS, A.C.C. Eficiência comparativa de quatro métodos de seleção em uma população melhorada de milho. (*Zea mays* L.) Piracicaba, 1982, 119 p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. e G. P. VIEGAS eds **Melhoramento e produção do milho**, Fundação Cargill, Campinas, 1987, cap. V p. 137-214.
- VENCOVSKY, R.; MIRANDA FILHO, J.B. & SOUZA Jr. C.L. Quantitative genetics and corn breeding in Brazil. In: International Conference on Quantitative Genetics, 2nd Raleigh, 1987. **Proceedings**, Sunderland, Sinaver Associates Inc, 1988, p.465-77.
- WILLIAMS, W.A.; LOOMIS, R.S.; DUNCAN, W.G.; DROVAT, A.; NUNES, A.F. Canopy architecture at various populations densities and the growth and grain yield of corn. **Crop Science**, Madison, 8:303-8, 1968.
- ZIMBACK, L. Estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos em uma variedade de milho dentado braquítico opaco (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1985. 169 p. (Mestrado-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

Tabela 11 - Médias populacionais obtidas por local para os caracteres florescimento feminino (FF), prolificidade (PRO), altura de plantas (AP), altura de espigas (AE), posição relativa da espiga (PRE), número de ramificações do pendão (NR) e produção de grãos (PG)

POPULAÇÕES	FF(dias)	PRO	AP (cm)	AE (cm)	PRE	NR	PG g/planta
R- LONDRINA	58,93	1,31	235,72	127,25	0,54	12,98	166,8
R- V. VELHA	69,51	1,25	219,74	104,59	0,48	11,91	148,0
R+ LONDRINA	63,25	1,12	236,87	137,12	0,58	40,48	157,8
R+ V. VELHA	77,75	1,14	235,7	129,9	0,55	43,58	155,0
E- LONDRINA	55,83	1,12	203,85	101,5	0,50	24,72	159,5
E- V. VELHA	70,87	1,14	204,27	89,87	0,44	22,83	145,8
E+ LONDRINA	65,56	1,24	292,51	187,21	0,64	27,92	169,7
E+ V. VELHA	77,77	1,27	277,68	159,31	0,57	28,07	169,5
PO LONDRINA	61,05	1,13	238,15	134,04	0,56	27,52	170,2
PO V. VELHA	74,62	1,11	228,71	116,76	0,51	26,14	160,1
C.511 LONDRINA	61,8	1,22	235,59	124,99	0,53	20,15	170,3
C.511 V. VELHA	77,07	1,19	233,22	107,8	0,47	20,61	169,9
MÉDIA LONDRINA	61,07	1,19	240,45	135,35	0,56	25,63	165,72
MÉDIA VILA VELHA	75,00	1,18	233,22	118,04	0,50	25,52	158,05

TABELA 12. Quadrados médios e Cve obtidos das análises agrupadas dos experimentos A e B, em blocos casualizados por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, Londrina-PR 1988/89

POPULAÇÃO	FV	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
R ⁻	PROGÊNIES	7,0090**	0,0620**	355,94**	274,78**	7,8422**	736,46**
	ERRO	3,3923	0,0160	95,28	84,92	2,8325	263,59
	CV%	3,13	9,66	4,14	7,24	12,97	9,73
R ⁺	PROGÊNIES	11,1232**	0,0341**	374,4619**	234,7595**	79,3022**	587,87**
	ERRO	6,5527	0,0193	158,1762	93,1107	26,75	341,26
	CV%	4,05	12,40	5,31	7,04	12,78	11,71
PO	PROGÊNIES	10,6392**	0,0350**	419,4369**	360,6032**	27,4365**	570,15**
	ERRO	4,5279	0,0171	128,8592	81,1857	12,0295	266,34
	CV%	3,49	11,57	4,77	6,72	12,6	9,59
E ⁻	PROGÊNIES	5,0280**	0,0290**	241,2135**	150,1771**	28,6877**	655,68**
	ERRO	2,8560	0,0132	128,4853	66,7306	10,562	236,35
	CV%	3,03	10,26	5,56	8,05	13,15	9,64
E ⁺	PROGÊNIES	9,9659**	0,0529**	354,4425**	290,1638**	41,8705**	850,11**
	ERRO	5,875	0,0339	104,9808	106,4692	13,0016	397,53
	CV%	3,70	14,85	3,50	5,51	12,91	11,75

TABELA 13. Quadrados médios e CVe obtidos das análises agrupadas dos experimentos A e B, em blocos casualizados por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, Vila Velha-PR 1988/89

POPULAÇÃO	FV	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
R ⁻	PROGÊNIES	10,5331**	0,0766**	403,1145**	270,4157**	9,1720**	737,18**
	ERRO	4,1276	0,0254	83,2048	60,9571	2,8999	225,10
	CV%	2,92	12,75	4,15	7,46	14,3	10,14
R ⁺	PROGÊNIES	1531,96**	0,0597**	424,8095**	304,5190**	114,5911**	1265,31**
	ERRO	5,3619	0,0315	163,1095	128,6738	24,0289	359,89
	CV%	2,98	0,1557	5,42	8,73	11,25	12,24
PO	PROGÊNIES	13,3902**	0,0446**	610,8058**	311,8750**	56,7069**	1731,94**
	ERRO	5,1833	0,0198	154,6748	101,7846	11,1114	474,72
	CV%	3,05	0,1268	5,44	8,64	12,87	13,61
E ⁻	PROGÊNIES	13,3702**	0,0431**	328,609**	154,9359**	46,6531**	668,62**
	ERRO	5,9163	0,0242	105,4167	62,748	7,8765	302,86
	CV%	3,43	0,1365	5,03	8,81	12,29	11,94
E ⁺	PROGÊNIES	10,4267**	0,1000**	574,7471**	395,4339**	53,843**	1076,60**
	ERRO	6,4149	0,0415	138,9138	147,1063	11,6634	398,16
	CV%	3,26	0,1604	4,24	7,61	12,17	11,78

TABELA 14. Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos^a para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha, 1988/89 para a subpopulação R⁻

EXPERIMENTO A							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	2723,78**	0,0836**	15843,5**	17525,38	24,3018**	5503,04**
PROGÊNIE	46	6,6352**	0,0406**	239,5217**	147,6712**	5,7455**	432,65**
PROG X LOC	46	1,4701	0,0164	46,2065	43,5299**	2,226**	228,63**
ERRO MÉDIO ^b	138	1,5757	0,01	36,5987	27,1641	1,0683	98,09

EXPERIMENTO B							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	2039,15**	0,0636**	251,75**	5434,44**	22,918**	10204,96**
PROGÊNIE	37	3,7120**	0,0484**	293,7365**	224,5524**	4,0812**	443,47**
PROG X LOC	37	1,9510	0,0075	51,6824	48,1386*	1,6629	111,67
ERRO MÉDIO ^b	111	1,7070	0,0084	36,0323	30,67	1,3613	100,44

a: análise conjunta realizada com médias de locais

b: média ponderada pelos graus de liberdade dos erros

correspondentes às análises de variâncias individuais,

divididas por "r"

TABELA 15. Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos^a para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha, 1988/89 para a subpopulação R⁺

EXPERIMENTO A							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	5239,34**	0,0002	840,0**	18,75	518,4063**	572,32
PROGÊNIE	51	6,7310**	0,0246**	198,6176**	128,2426**	41,6299**	461,17**
PROG X LOC	51	3,5214	0,0103	98,0294*	52,348	14,3606	251,39*
ERRO MÉDIO ^b	153	3,0369	0,009	66,3548	51,5145	10,5051	153,78

EXPERIMENTO B							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	5964,56**	0,0261	235,5*	6070,63**	92,5**	2698,88**
PROGÊNIE	54	8,5035**	0,0297**	294,1574**	201,7083**	79,4476**	490,44**
PROG X LOC	54	2,5579*	0,0091*	65,1667	47,1806	19,0466*	228,23**
ERRO MÉDIO ^b	162	1,7975	0,0137	68,1481	45,9928	10,2812	143,04

a: análise conjunta realizada com médias de locais

b: média ponderada pelos graus de liberdade dos erros

correspondentes às análises de variâncias individuais,

divididas por "r"

TABELA 16. Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos^a para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha, 1988/89 para a subpopulação E⁺

EXPERIMENTO A							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	3320,469**	0,01	1650**	10959,75**	30,1328*	2547,04**
PROGÊNIE	44	5,0938**	0,029*	443,1818**	291,1421**	37,3592**	579,52**
PROG X LOC	44	3,6037*	0,0116	60,6136	42,4545	6,9922	192,23
ERRO MÉDIO ^b	132	2,3674	0,0121	51,6935	39,2874	5,7574	163,74

EXPERIMENTO B							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	3508,75**	0,1196**	8186**	22293,75**	19,7891*	2302,56**
PROGÊNIE	43	4,1330**	0,0503**	153,2093**	135,0349**	24,2415**	558,98**
PROG X LOC	43	2,3612	0,0196	41,7209	43,1279	3,629	109,20
ERRO MÉDIO ^b	129	2,1898	0,0151	41,5543	52,3086	3,6738	133,89

a: análise conjunta realizada com médias de locais

b: média ponderada pelos graus de liberdade dos erros

correspondentes às análises de variâncias individuais,

divididas por "r"

TABELA 17. Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos^a para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha, 1988/89 para a subpopulação E⁻

EXPERIMENTO A							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	4181,59**	0,0281*	1211,75**	1466,69**	11,6914	4173,44**
PROGENIE [^]	41	4,4329**	0,0222**	125,6707**	45,4299**	20,5883**	393,11**
PROG X LOC	41	1,6586	0,0069	33,0183	21,3171	3,991	104,51
ERRO MÉDIO ^b	123	1,7639	0,0061	38,6768	23,8603	3,4902	94,24

EXPERIMENTO B							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	5178,28**	0,0022	2788,5**	5874,31**	255,4375**	4220,64**
PROGENIE	37	4,9223**	0,0154*	226,3446**	143,9375**	28,5231**	282,63**
PROG X LOC	37	1,8303	0,0069	50,3108	32,103	2,795	166,12
ERRO MÉDIO ^b	111	1,4846	0,0088	47,6943	22,4864	2,8845	108,87

a: análise conjunta realizada com médias de locais

b: média ponderada pelos graus de liberdade dos erros

correspondentes às análises de variâncias individuais,

divididas por "r"

TABELA 18. Quadrados médios obtidos da análise conjunta de experimentos^a para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha, 1988/89 para a subpopulação PO

EXPERIMENTO A							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	5411,75**	0,0005	1870**	13285,25**	140,7031**	12284,48**
PROGÊNIE	53	6,01**	0,0213**	343,3962**	248,8891**	26,7479**	644,99**
PROG X LOC	53	2,4204	0,006	82,3962	44,0212**	6,3283*	271,22*
ERRO MÉDIO ^b	159	2,0377	0,0078	66,3561	38,1502	4,6079	182,97

EXPERIMENTO B							
FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
LOCAL	1	4333,34**	0,0481*	2859,5**	373,38**	5,7891	90,56
PROGÊNIE	50	8,7613**	0,0273**	340,97**	217,96**	26,7817**	598,87**
PROG X LOC	50	2,455	0,0104	59,16	57,13*	5,3567	206,53*
ERRO MÉDIO ^b	150	2,1015	0,008	55,0389	41,0323	4,9156	153,90

a: análise conjunta realizada com médias de locais

b: média ponderada pelos graus de liberdade dos erros

correspondentes às análises de variâncias individuais,

divididas por "r"

TABELA 19. Quadrados médios de progênes, interação entre progenies e locais e erro ambiental obtidos das análises conjuntas¹ e agrupadas por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG, envolvendo as localidades de Londrina e Vila Velha, 1988/89

POPULAÇÃO	FV	GL	FF	PRO	AP	AE	NR	PG
	PROGÊNIES/EXP/LOC	83	5,3321**	0,0441**	263,6898**	181,9435**	5,0036**	429,34**
R ⁻	PxL/EXP/LOC	83	1,6845	0,0125**	48,6476**	45,5843	1,9750**	176,49**
	RESIDUO MÉDIO	249	1,6176	0,0093	36,3462	28,7269	1,1989	99,14
	PROGÊNIES/EXP/LOC	105	7,6426**	0,0273**	247,7524**	166,0252**	61,0790**	476,22**
R ⁺	PxL/EXP/LOC	105	3,0259*	0,0097	81,1286	49,691	16,7706**	239,48**
	RESIDUO MÉDIO	315	2,3995	0,0114	67,2962	48,6746	10,3901	148,26
	PROGÊNIES/EXP/LOC	103	7,3456**	0,0242**	342,2184**	233,8748**	26,7645**	622,60**
PO	PxL/EXP/LOC	103	2,4372	0,0081	71,1165	50,3844*	5,8567*	239,82**
	RESIDUO MÉDIO	309	2,0687	0,0079	60,8621	39,5340	4,7571	168,86
	PROGÊNIES/EXP/LOC	78	4,6651**	0,0190**	173,4269**	92,1577**	24,3523**	340,70**
E ⁻	PxL/EXP/LOC	78	1,74	0,0069	41,2212	26,43	3,4237	133,74*
	RESIDUO MÉDIO	234	1,6512	0,0072	42,3167	23,3058	3,2457	100,15
	PROGÊNIES/EXP/LOC	87	4,6189**	0,0395**	299,8621**	213,9856**	30,8758**	569,36**
E ⁺	PxL/EXP/LOC	87	2,9896*	0,0156	51,2759	42,7874	5,3299	151,19
	RESIDUO MÉDIO	261	2,2521	0,0137	45,6565	46,3498	4,5486	145,89

1: Análise realizada com médias de locais

TABELA 20. Estimativas de variância genética entre progênes (σ_p^2) obtidas ao nível de parcelas através de análises de experimentos agrupados por população e por local, para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG. (FF em dias, AP e AE em cm, NR e PRO em unidades e PG em g/plt.)

LONDRINA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	1,8084	2,2853	3,0557	0,9352	1,9001
PRO	0,0230	0,0074	0,00895	0,005834	0,007983
AP	130,3300	108,1429	142,2889	43,685	99,8471
AE	94,9300	70,8244	139,7088	32,8802	78,4737
NR	2,5049	26,2761	7,7075	7,5683	11,2468
PG	236,44	123,31	151,91	162,93	178,68
VILA VELHA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	2,1352	3,3192	2,7356	2,4846	1,3373
PRO	0,0171	0,0094	0,00827	0,0063	0,0195
AP	106,6366	87,2333	152,0437	74,3974	145,2778
AE	69,8195	58,6151	70,0301	30,7293	82,7759
NR	2,0907	30,1874	15,1985	12,9255	14,0599
PG	170,69	301,81	419,07	121,92	226,15

TABELA 21. Estimativas de variância genética aditiva (σ_A^2) obtidas ao nível de parcelas, através de análises de experimentos agrupados por população e por local, para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG. (FF em dias, AP e AE em cm, NR e PRO em unidades e PG em g/planta)

LONDRINA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	3,6168	4,5706	6,1114	1,8704	3,8002
PRO	0,0460	0,0148	0,0179	0,0177	0,0160
AP	260,6600	216,2858	284,5778	87,3700	199,6942
AE	189,8600	141,6488	279,4176	65,7604	156,9474
NR	5,0098	52,5522	15,415	15,1366	22,4936
PG	315,2533	164,4133	202,5467	217,2400	238,2400
VILA VELHA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	4,2704	6,6384	5,4712	4,9692	2,6746
PRO	0,0342	0,0188	0,0165	0,0126	0,0390
AP	213,2732	174,4666	304,0874	148,7948	290,5556
AE	139,6390	117,2302	140,0602	61,4586	165,5518
NR	4,1814	60,3784	30,3970	25,8510	28,1198
PG	227,5867	402,4133	558,7600	162,5600	301,5300

TABELA 22. Estimativas de variância genética entre progênieis e variância aditiva obtidas ao nível de parcelas através de análises conjuntas e agrupadas por população e para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR E PG. (FF em dias, AP e AE em cm, NR e PRO em unidades e PG em g/parc)

σ_p^2 CONJUNTA LONDRINA E VILA VELHA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	1,8573	2,6216	2,6385	1,5070	1,1834
PRO	0,0174	0,00795	0,00815	0,0059	0,0129
AP	113,6718	90,2281	140,6782	65,5551	127,1028
AE	76,6083	58,6753	97,1704	34,4260	83,8179
NR	1,9024	25,3445	11,0037	10,5533	13,1636
PG	165,10	163,98	226,87	120,28	211,74

σ_A^2 CONJUNTA LONDRINA E VILA VELHA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	3,7146	5,2432	5,2770	3,0140	2,3668
PRO	0,0348	0,0159	0,0163	0,0118	0,0258
AP	227,3436	180,4562	281,3564	131,1102	254,2056
AE	153,2166	117,3506	194,3408	68,8520	167,6358
NR	3,8048	50,689	22,0074	21,1066	26,3272
PG	220,1333	218,6400	302,4933	160,3733	282,3200

TABELA 23. Estimativas de herdabilidade¹ ao nível de médias obtidas por populações e por local para os caracteres FF, PRO, AP, AE, NR e PG

$\frac{2}{h^2}_m$ LONDRINA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	0,5160	0,4109	0,5744	0,4686	0,4468
PRO	0,7419	0,4340	0,5114	0,5100	0,3763
AP	0,7323	0,5776	0,6883	0,3965	0,6182
AE	0,6910	0,6034	0,7749	0,4440	0,6103
NR	0,6388	0,6627	0,5617	0,6077	0,6634
PG	0,6421	0,4195	0,5329	0,5992	0,5180

$\frac{2}{h^2}_m$ VILA VELHA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	0,6081	0,6500	0,6129	0,5575	0,3848
PRO	0,6688	0,4724	0,5562	0,4385	0,5850
AP	0,7936	0,6160	0,7468	0,6792	0,7583
AE	0,7746	0,5775	0,6736	0,5950	0,6280
NR	0,6838	0,7903	0,8041	0,8312	0,7834
PG	0,6946	0,7156	0,7259	0,5470	0,6302

1: Coeficiente de herdabilidade no sentido amplo.

TABELA 24. Estimativas de herdabilidade ao nível de médias, resultantes de a) média das herdabilidades entre locais, por população e por caracter. b) Valor médio por caracter dentro de locais e valor médio geral.

a) h_m OBTIDA ATRAVÉS DE MÉDIA ENTRE LONDRINA E VILA VELHA					
	R^-	R^+	PO	E^-	E^+
FF	0,5621	0,7008	0,5937	0,5131	0,4158
PRO	0,7054	0,6708	0,5338	0,4743	0,4807
AP	0,7630	0,8102	0,7176	0,5379	0,6883
AE	0,7328	0,8121	0,7243	0,5195	0,6193
NR	0,6616	0,8057	0,6829	0,7195	0,7234
PG	0,6685	0,6895	0,6294	0,5731	0,5742

b) Valor médio por caracter em:

	LONDRINA	VILA VELHA	MÉDIA GERAL
FF	0,4833	0,5627	0,5230
PRO	0,5147	0,5442	0,5295
AP	0,6026	0,7189	0,6607
AE	0,6247	0,6498	0,6373
NR	0,6269	0,7786	0,7028
PG	0,5364	0,6627	0,6026

TABELA 25. Correlações genéticas obtidas por população e por locais envolvendo os seis caracteres analisados

	LONDRINA					VILA VELHA				
	R ⁻	R ⁺	PO	E ⁻	E ⁺	R ⁻	R ⁺	PO	E ⁻	E ⁺
PGxNR	0,147	0,022	0,073	0,228**	-0,043	0,150**	-0,017	0,256**	0,073	-0,003
PGxAP	0,267**	0,639**	0,652**	0,715**	0,685**	0,048	0,365**	0,695**	0,350**	0,543**
PGxAE	0,306**	0,660**	0,532**	0,534**	0,434**	0,435**	0,219**	0,543**	0,273**	0,279**
PGxFF	0,691**	0,133	0,154*	-0,276**	0,048	0,286**	-0,298**	0,004	-0,263**	-0,144**
PGxPRO	0,525**	0,248**	0,412**	0,206**	0,213**	0,360**	0,490**	0,457**	0,022	0,143**
NRxAP	-0,030	-0,234**	-0,215**	0,122	-0,112	0,117	-0,055	0,161**	-0,062	0,106
NRxAE	-0,028	0,050	0,223**	0,242**	-0,098	0,162**	0,122*	0,202**	0,164**	0,278**
NRxFF	0,143	-0,129	-0,016	-0,298**	-0,232**	0,165**	-0,152**	0,169**	0,167**	0,130*
NRxPRO	-0,006	-0,175**	-0,270**	-0,002	0,321**	0,284**	0,083	0,049	0,266**	-0,018
APxAE	0,914**	0,878**	0,904**	0,929**	0,867**	0,821**	0,757**	0,730**	0,614**	0,906**
APxFF	0,247**	0,391**	0,743**	-0,416**	0,528**	0,592**	0,143**	0,138**	0,422**	0,482**
APxPRO	0,475**	0,346**	0,210**	0,151	0,310**	0,120	0,360**	0,370**	-0,222**	0,183**
AExFF	0,494**	0,227**	0,652**	-0,412**	0,524**	0,408**	0,221**	0,423**	0,527**	0,621**
AExPRO	0,395**	0,362**	0,100	0,230**	0,216**	0,203**	0,310**	0,138**	-0,171**	0,151**
FFxPRO	0,234**	0,202**	-0,012	-0,133	-0,075	0,325**	0,056	0,153**	-0,029	0,364**

TABELA 26. Correlações fenotípicas obtidas por população e por locais, envolvendo os seis caracteres analisados

	LONDRINA					VILA VELHA				
	R ⁻	R ⁺	PO	E ⁻	E ⁺	R ⁻	R ⁺	PO	E ⁻	E ⁺
PGxNR	0,197**	0,196**	0,117	0,181**	0,010	0,123**	0,054	0,281**	0,141*	0,066
PGxAP	0,202**	0,435**	0,454**	0,573**	0,471**	0,076	0,385**	0,626**	0,349**	0,453**
PGxAE	0,222**	0,463**	0,384**	0,486**	0,289**	0,327**	0,265**	0,479**	0,267**	0,265**
PGxFF	0,226**	-0,169**	0,011	-0,221**	-0,028	0,092	-0,335**	-0,112*	-0,242**	-0,143**
PGxPRO	0,484**	0,394**	0,420**	0,347**	0,395**	0,431**	0,475**	0,459**	0,260**	0,335**
NRxAP	0,037	-0,057	-0,065	0,060	-0,097	0,083	0,063	0,228**	-0,008	0,129*
NRxAE	0,052	0,109	0,182**	0,160**	-0,087	0,104	0,151**	0,242**	0,144**	0,225**
NRxFF	-0,073	-0,282**	-0,162**	-0,297**	-0,288**	0,030	-0,198**	0,019	0,027	-0,002
NRxPRO	0,023	0,005	-0,145**	-0,014	0,142**	0,195**	0,049	0,069	0,182**	0,011
APxAE	0,838**	0,869**	0,832**	0,897**	0,834**	0,777**	0,782**	0,737**	0,664**	0,825**
APxFF	0,140	0,081	0,437**	-0,283**	0,427**	0,458**	-0,050	0,010	0,231**	0,305**
APxPRO	0,379**	0,232**	0,143*	0,168**	0,153**	0,120*	0,235**	0,307**	-0,042	0,166**
AExFF	0,282**	0,024	0,428**	-0,326**	0,443**	0,336**	0,021	0,238**	0,261**	0,396**
AExPRO	0,281**	0,238**	0,066	0,222**	0,127	0,126*	0,178**	0,127*	-0,059	0,158**
FFxPRO	0,178**	-0,054	0,023	-0,020	0,025	0,178**	0,019	0,061	-0,065	0,250**

TABELA 27. Correlações genéticas e fenotípicas resultante das análises conjuntas entre Londrina e Vila Velha para os seis caracteres analisados

	R ⁻		R ⁺		P0		E ⁻		E ⁺	
	rg	rf	rg	rf	rg	rf	rg	rf	rg	rf
PGxNR	0,265**	0,236**	-0,107**	-0,014	0,146**	0,178**	0,117**	0,140**	0,030	0,063
PGxAP	0,221**	0,202**	0,389**	0,377**	0,705**	0,632**	0,535**	0,483**	0,567**	0,486**
PGxAE	0,415**	0,341**	0,310**	0,312**	0,509**	0,458**	0,394**	0,370**	0,299**	0,272**
PGxFF	0,494**	0,291**	-0,022	-0,135**	0,129**	0,019	-0,172**	-0,178**	0,008	-0,036
PGxPRO	0,411**	0,435**	0,434**	0,449**	0,481**	0,476**	0,057	0,214**	0,287**	0,393**
NRxAP	0,092	0,087	-0,028	-0,088*	0,036	0,092*	-0,070	-0,051	0,035	0,048
NRxAE	0,161**	0,138**	0,011	0,058	0,199**	0,214**	0,138**	0,122**	0,138**	0,126**
NRxFF	0,182**	0,066	-0,119**	-0,177**	0,096*	0,001	0,080	0,005	-0,034	-0,093*
NRxPRO	0,199**	0,153**	-0,054	-0,022	-0,092*	-0,050	0,160**	0,122**	0,022	0,028
APxAE	0,848**	0,813**	0,848**	0,843**	0,0836**	0,817**	0,822**	0,813**	0,872**	0,837**
APxFF	0,507**	0,416**	0,290**	0,117**	0,417**	0,278**	0,171**	0,125**	0,613**	0,472**
APxPRO	0,307**	0,273**	0,359**	0,271**	0,345**	0,296**	-0,101*	-0,016	0,294**	0,240**
AExFF	0,458**	0,378**	0,286**	0,127**	0,617**	0,460**	0,099*	0,047	0,694**	0,543**
AExPRO	0,307**	0,242**	0,357**	0,253**	0,206**	0,175**	-0,042	0,005	0,249**	0,216**
FFxPRO	0,314**	0,229**	0,103**	0,035	0,132**	0,087**	0,152**	0,060	0,213**	0,173**

TABELA 28. Médias populacionais obtidas para os caracteres AP, AE, PRE, NR, PRO e PG nas subpopulações de ESALQ PB1 R⁻, R⁺, E⁻ e E⁺ após três¹ e cinco ciclos (C₃ e C₅) de seleções e comparadas em valores percentuais com ESALQ PB1-PO

		AP	AE	PRE	NR	PRO	PG
R ⁻	C ₃	-1,13	-3,53	-2,75	-26,5	+2,47	+4,98
	C ₅	-2,44	-7,56	-5,56	-53,6	+14,28	-4,69
R ⁺	C ₃	+2,57	+6,91	+4,12	+42,8	-5,05	-5,96
	C ₅	+1,23	+6,47	+5,55	+56,6	+0,89	-5,30
PO ²	C ₃	220,0	127,0	0,58	22,6	0,92	93,09
	C ₅	233,43	125,4	0,54	26,8	1,12	165,15
E ⁻	C ₃	-3,02	-8,51	-6,01	-11,2	-0,10	+3,27
	C ₅	-12,58	-23,69	-12,97	-11,4	+0,89	-7,78
E ⁺	C ₃	+4,76	+8,73	+3,61	+8,5	+0,93	+6,40
	C ₅	+22,14	+38,17	+12,96	+4,4	+12,5	+2,69

1: Os dados de C₃ foram relatados por ANDRADE (1988).

2: Valores de PO igual a 100%. AP e AE em cm., NR em unidades e PG em gramas/planta. Os valores de PO para C₅ representam uma média entre as localidades de Londrina e Vila Velha.

Figura 01—Distribuição de médias de progenies de IG para o caráter NR na população ESALQ PB1-PO e nas subpopulações R- e R+ em Londrina e Vila Velha, safra 88/89.

Figura 02—Distribuição de médias de progenies de IG para o caráter AE na população ESALQ PB1-P0 e nas subpopulações E- e E+ em Londrina, safra 88/89.

Figura 03—Distribuição de médias de progenies de IG para o caráter AE na população ESALQ PB1-PO e nas subpopulações E- e E+ em Vila Velha, safra 88/89.

Figura 04—Distribuição de médias de progenes de IG para o caráter FF nas subpopulações E- e E+ em Londrina, safra 88/89.

FIGURA 5. Médias populacionais e amplitude de variação para o caráter PG na população ESALQ PB1-PO e nas subpopulações E⁻, E⁺, R⁻ e R⁺. Valores médios entre Londrina e Vila Velha.