SELECÃO RECORRENTE RECÍPROCA EM FAMÍLIAS DE
MEIOS-IRMÃOS EM MILHO PIPOCA (Zea mays L.)

Edimilson Linares

Orientador: Prof. João Rubens Zinsly

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

novembro, 1987

L735s Linares, Edimilson
 Seleção recorrente recíproca em famílias de
 meios-irmãos em milho pipoca (Zea mays L.).
 Piracicaba, 1987.
 78p.

 Diss.(Mestre) - ESALQ
 Bibliografia.

 1. Milho pipoca - Melhoramento 2. Milho pipoca - Seleção I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.15

SELEÇÃO RECORRENTE RECÍPROCA EM FAMÍLIAS DE
MEIOS-IRMÃOS EM MILHO PIPOCA (Zea mays L.)

EDIMILSON LINARES

Aprovado em 17.12.1987

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. João Rubens Zinsly

ESALQ/USP

Prof. Dr. José Roberto Mõro

FMVAJ/UNESP

Prof. Dr. Juan Ayala Osuna

FMVAJ/UNESP

Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSLY

Orientador

Aos meus pais

Valter F. Linares

Maria Ivanilda M. Linares

Dedico.

À minha esposa Any

Ofereço.

AGRADECIMENTOS

- À João Rubens Zinsly, pela orientação prestada, e acima de tudo, pela amizade demonstrada ao longo dos últimos cinco anos de trabalho conjunto;
- À José Roberto Môro, pelos esclarecimentos e sugestões que ajudaram a definir vários caminhos a seguir;
- À Anete Pereira de Souza, Renato Borges Pereira e Giancarlo Conde Xavier Oliveira, pela colaboração e apoio recebidos ao longo de toda a jornada;
- À Sérgio Luis de Almeida, pela presteza na elaboração das análises estatísticas dos experimentos.
- À Walter Pompermayer, Antonio Serrano e Valdemar Beltrame, pela colaboração nas etapas de preparação de sementes, plantios e colheita de vários experimentos.
- À Cláudio Lopes de Souza Jr. pelos esclarecimentos teóricos a respeito da estimação de parâmetros;
- À Paulo Bezerra e Silva Neto, pela amizade e incentivo constantes;
- À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de mestrado, o que possibilitou o desenvolvimento do presente trabalho.

SUMÁRIO

	<u>página</u>
RESUMO	vii
SUMMARY	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Milho pipoca	4
2.2. Melhoramento interpopulacional	7
2.2.1. Metodologia original	7
2.2.2. Modificações no método de SRR	15
2.2.3. Análises comparativas dos métodos de SRR	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Material	23
3.2. Métodos	24
3.2.1. Seleção recorrente recíproca em famí- lias de meios-irmãos	24
3.2.2. Seleção recorrente recíproca para me- lhoramento simultâneo a curto prazo .	27
3.2.3. Ensaio comparativo das capacidades de expansão envolvendo as etapas de me- lhoramento descritas	28
3.2.4. Estimação de parâmetros	29
3.2.4.1. Produtividade	29
4. RESULTADOS	35

4.1. Seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos	35
4.2. Seleção recorrente recíproca para melhoramen <u>to</u> a curto prazo	37
4.3. Estimacão de parâmetros	41
4.4. Comparacões das diferentes alternativas de seleçã <u>o</u>	44
5. DISCUSSÃO	49
5.1. Análises de variância do ensaio de "top cross" para produtividade	49
5.2. Estimacão dos parâmetros genéticos e fenotí <u>p</u> icos para o caráter produçã <u>o</u> de espigas des <u>pal</u> hadas	52
5.3. Comparacões das diferentes alternativas de seleçã <u>o</u>	54
5.4. Ensaio comparativo das capacidades de expan <u>s</u> ão envolvendo as etapas de melhoramento des <u>critas</u>	56
6. CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE	68

SELEÇÃO RECORRENTE RECÍPROCA EM FAMÍLIAS DE
MEIOS-IRMÃOS EM MILHO PIPOCA

Autor: EDIMILSON LINARES

Orientador: Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSKY

RESUMO

O melhoramento genético de milho pipoca teve grande impulso, especialmente nos Estados Unidos, com o advento da produção de híbridos. No Brasil, os programas para esse tipo de milho até o momento são raros, resultando em poucos materiais melhorados. O presente trabalho teve como objetivos: (a) melhoramento interpopulacional de duas cultivares (variedade Pirapoca e Composto Normal) de grãos amarelos, para utilização a longo e a curto prazo; (b) estudo da estrutura genética das populações para fins de seleção.

Utilizou-se o método denominado de seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos, juntamente com seleções intrapopulacionais nas etapas intermediárias. Os caracteres selecionados, produtividade e capacidade de expansão, são correlacionados negativamente, dificultando o progresso genético na seleção simultânea dos mesmos.

Na avaliação dos ganhos de seleção para produtividade, estimou-se 4,47% a previsão do híbrido intervarietal a longo prazo e 4,12% na previsão do híbrido intervarietal a curto prazo. Nesses valores não está computado o ganho de seleção advindo da seleção intensa para prolificidade no híbrido a curto prazo. É esperado um valor real maior no progresso que o caráter prolificidade é fortemente correlacionado com a produtividade.

A capacidade de expansão teve uma boa resposta à seleção, principalmente nas populações de curto prazo, passando de 19,05, para 30,3 volumes na variedade Pirapoca e de 24,54 para 33 volumes no Composto Normal.

Em todos os níveis de seleção, verificou-se que o Composto Normal foi superior quanto à capacidade de expansão. Por outro lado, da estimação de parâmetros para produtividade, observa-se que a variância genética aditiva para variedade Pirapoca é o dobro do Composto Normal.

As populações melhoradas a curto prazo apresentaram-se superiores às populações melhoradas a longo prazo, sendo portanto, indicadas na obtenção do híbrido intervarietal. Também são recomendadas como fonte de linhagens endogâmicas para a síntese de híbridos de linhagens.

Devido aos baixos valores absolutos de heterose encontrados, as populações melhoradas a curto prazo, se prestam principalmente como variedades melhoradas "per se".

RECIPROCAL RECURRENT SELECTION IN
POPCORN HALF-SIB FAMILIES

Author: EDIMILSON LINARES

Adviser: Prof. Dr. JOÃO RUBENS ZINSLY

SUMMARY

Popcorn breeding has undergone a great development, especially in the USA with the introduction of hybrids. In Brazil, popcorn breeding programs are so far rare, resulting in materials few improved. This work has had in view: (a) the interpopulation breeding of two yellow Kernel cultivars (Pirapoca variety and Composto Normal) for utilization in the long and short term simultaneously; (b) study on the genetic structure of both populations with a view to selection.

It was utilized the method named reciprocal recurrent selection in half-sib families, altogether with intrapopulation selection in the intermediate steps of the program selecting for yield and popping volume. These two traits correlate negatively, rendering genetic gain more difficult.

Selection gain for yield was estimated to be 4.47% in intervarietal hybrids prediction in the long term and 4.12% in the short term. Selection gain due to intense selection for prolificacy in the short term was not accounted in the values above. It's hoped higher real values in the selection progress of the hybrid estimation in short term, because prolificacy is strongly correlated to yield. Selection was efficient on popping volume, mainly in short-term populations, rising from 19.05 to 30.3 volumes in Pirapoca and from 24.54 to 33 volumes in Composto Normal.

In every selection level, Composto Normal was shown to be superior as to popping volume. On the other hand, from parameter estimation for yield it was noted that additive genetic variance of Pirapoca is twice as large as that of Composto Normal.

The short term improved populations showed better than long term improved populations, in function this being indicated for intervarietal hybrid, or as source of endogamic lines hybrids. Nevertheless, owing to low absolute heterosis values, they lend themselves principally as improved varieties "per se".

1. INTRODUÇÃO

Evidências arqueológicas indicam que o milho pipoca (*Zea mays* L.) teve um importante papel no desenvolvimento pré-histórico do milho no Continente Americano. MANGELSDORF & SMITH Jr. (1949), estimaram em 4500 anos a idade de restos de milho pipoca encontrados em Bat Cave, no Novo México. É o mais antigo fóssil de milho já encontrado; evidências mostram que o hábito de consumo de pipoca já ocorria antes da chegada de Colombo ao Novo Mundo. Esse costume prevalecia entre as tribos da América Central e do Sul, não sendo comum para as do Norte.

De uma maneira geral, as populações de milho pipoca caracterizam-se por apresentar uma planta mais delicada que o milho comum. As plantas são menores, de colmo mais fino, possuindo menor número de folhas e várias espigas por colmo.

O fator que distingue a pipoca dos outros tipos de milho é a capacidade de expansão, que vem a ser a

propriedade que a pipoca possui de estourar seus grãos, expandindo seu volume e conferindo maciez ao produto. Esse fenômeno é uma característica genética conferida poligenicamente, porém com alta herdabilidade, e sujeita a baixa influência ambiental (ALEXANDER & CREECH, 1977).

Uma boa cultivar de milho pipoca precisa apresentar várias características: (a) para os agricultores, deve apresentar boa produtividade e boas características agronômicas e, (b) para os consumidores, deve possuir alta capacidade de expansão (medida pela relação entre volume de pipoca estourada e o volume de grãos). Essa característica está diretamente relacionada com a maciez da pipoca, mas é negativamente correlacionada com a produtividade.

No melhoramento de milho pipoca são empregados os métodos de melhoramento de milho normal, atentando-se para a correlação negativa entre a produtividade e a capacidade de expansão. Essa correlação, embora alta ($r_A = -0,59$), pode ser quebrada durante o processo de melhoramento genéticos (BRUNSON, 1931), o que é um dos principais objetivos do melhoramento de pipoca.

As variedades brasileiras, pela escassez de trabalhos de melhoramento genético, apresentam-se com alta variabilidade. Mesmo porque, a diretriz desses programas foi no sentido de produzirem-se compostos com os materiais

disponíveis, a partir dos quais buscaram-se desenvolver cultivares superiores. Nesse sentido, para aproveitar melhor essa variabilidade existente e permitir progressos contínuos, graças à exploração da heterose do melhoramento interpopulacional, utilizou-se o método sugerido por PATERNIANI & VENCOVSKY denominado seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos.

Face aos antecedentes descritos, os objetivos do presente trabalho são:

- a. melhoramento interpopulacional em duas variedades de milho pipoca, de tal forma a se produzir um híbrido intervarietal, com alta produtividade, boas características agronômicas e alta capacidade de expansão, a médio e a longo prazo;
- b. melhoramento intra e interpopulacional em duas variedades de milho pipoca, de tal forma a se produzir um híbrido intervarietal, com tal produtividade, boas características agronômicas e alta capacidade de expansão, a curto prazo;
- c. estimação de parâmetros genéticos, segundo metodologia de COCHRAN & COX (1957), para possibilitar o estudo do potencial e das propriedades genéticas das populações para fins de seleção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Milho pipoca

A característica mais importante do milho pipoca (*Zea mays* L.) é a sua capacidade de expansão (CE), que é medida pela relação numérica entre o volume de pipoca estourada pelo volume de grãos antes de estourar. Muitas evidências mostram que esse caráter é poligênico, porém de fácil modificação por seleção (ALEXANDER & CREECH, 1977). Relatos de Grisson¹, citado por CLARY (1954), mostram que a herdabilidade para a capacidade de expansão variou de 70 a 90%. WEAVER & THOMPSON (1957) reportam que 15 gerações de seleção massal modificada aumentou a CE de 22,2 para 35,8 volumes, em uma população de base genética estreita.

Devido à correlação negativa entre capacidade

¹/ GRISSON, D.B. Heritability and association of characters affecting popping volume in dent corn-popcorn crosses. Ames, 1951 (M.S. - Iowa State College).

de expansão e produtividade, buscou-se em alguns programas de melhoramento, intercruzar tipos de pipoca com tipos dentados e "flint" (CRUMBAKER et alii, 1949; JOHNSON & ELDREDGE, 1953). Outra vantagem desses cruzamentos seria a incorporação de genes para a resistência ao acamamento nos tipos pipoca. Por esses trabalhos, verificou-se que dois retrocruzamentos para o tipo pipoca foram suficientes para restaurar os níveis iniciais de capacidade de expansão, mantendo a característica de resistência ao acamamento. Em virtude da correlação negativa com a CE e pela própria natureza do caráter, a produtividade manteve-se próxima aos níveis encontrados no tipo pipoca antes do intercruzamento.

Um estudo mais completo, elaborado por ROBINS Jr. & ASHMAN (1984), indicou que cruzamentos com milho "flint" oferecem menor vantagem que cruzamentos com milho dentado na recuperação da melhor capacidade de expansão, sugerindo que nem todos os genes que contribuem para a dureza do endosperma, também contribuem para capacidade de expansão conclui-se que outros fatores, tais como características agronômicas e adaptação a áreas de cultivo poderiam receber maior consideração.

Retrocruzamentos no sentido contrário, com o tipo pipoca apenas como doador, tem por objetivo incorporar nos milhos normais, os genes que conferem o caráter prolifi-

cidade, que é sabido estar positivamente correlacionado com a produtividade. A prolificidade é um caráter adaptativo que confere relativa tolerância à seca e a altas densidades populacionais, diminuindo a incidência de plantas sem espigas (BUREN *et alii*, 1974).

Os valores da correlação entre capacidade de expansão e produtividade variam com as populações analisadas. BRUNSON (1931) encontrou nas suas condições, valores de $r_A = -0,59$. LIMA *et alii* (1971) utilizando uma das populações de progenitores do presente trabalho, determinou um coeficiente de correlação $r_A = -0,25$. Esse valor indica que nessa população (Pirapoca amarela), não se espera dificuldades tão acentuadas que impeçam a seleção de genótipos superiores para os dois caracteres.

A capacidade de expansão é afetada principalmente pelo teor de umidade dos grãos, além de outros fatores como grau de dano no pericarpo e endosperma, e pelo método de secagem. HUELSEN & BEMIS (1955), numa série de estudos, mostraram que esse caráter variou com o nível de umidade, e que as cultivares tiveram variáveis seus teores de umidade que condicionavam ótima expansão. Nos híbridos norte-americanos encontraram-se valores de umidade de grãos, que propicia a máxima expansão, variando de 13,5 a 15,5% (ALEXANDER & CREECH, 1977). As variedades brasileiras tem seus valores de umidade ótimos, para máxima expansão, numa faixa de 11 a

13% (SAWAZAKI, 1986 - Comunicação Pessoal)^{1/}.

2.2. Melhoramento interpopulacional

A produção de milho pipoca nos Estados Unidos passou de 24.000 toneladas de milho em 1934, para 2.560.000 toneladas em 1971. A produtividade em 1920 era de 1,8 toneladas/ha, alcançando em 1973 3,3 toneladas/ha (ALEXANDER & CREECH, 1977). Em grande parte, esse aumento de produtividade foi consequência da introdução de híbridos e seu melhoramento posterior.

No Brasil, os programas de melhoramento de milho pipoca são restritos; basicamente, resumem-se à seleção de variedades de polinização livre.

2.2.1. Metodologia original

Entre os primeiros a sugerirem o intercruzamento de indivíduos selecionados, como método de concentração de genes para um caráter desejado, estão EAST & JONES (1919) e HAYES & GARBER (1919).

^{1/} SAWAZAKI, E. (Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP). Comunicação Pessoal, 1986.

Alguns anos mais tarde, JENKINS (1940) descreve um método para o desenvolvimento de uma variedade sintética por intercruzamentos de progênes S_1 , selecionadas com base no comportamento de "top crosses".

Entretanto, foi HULL (1945), quem propôs a expressão "seleção recorrente", para designar que a condução da seleção é cíclica, significando um processo contínuo de melhoramento. Cada ciclo envolve três fases distintas: obtenção de progênes, avaliação e recombinação dos genótipos selecionados. Apesar da expressão ter sido utilizada originalmente para designar alguns esquemas de seleção, atualmente são denominados de seleção recorrente todos os esquemas cíclicos de seleção que envolvem as fases mencionadas (HALLAUER & MIRANDA Filho, 1981). Na Figura 1 pode-se visualizar o efeito da seleção recorrente nas populações melhoradas.

Para desenvolver o máximo de heterozigose em híbridos de linhagens selecionadas, HULL (1945) executou um plano de seleção recorrente para capacidade específica de combinação, baseada na evidência de que a sobredominância é a principal causa da heterose. Entretanto, COMSTOCK & ROBINSON (1952) postularam sobre esse fato que genes ligados em fase de repulsão podem levar a uma estimativa biométrica de sobredominância, apesar dos genes individuais nos grupos de ligação serem apenas parcialmente dominantes.

FIGURA 1. Distribuição esperada de cruzamentos das populações originais e melhoradas (EBERHART, 1970).

Os métodos de seleção recorrente são divididos em duas categorias:

- (1) melhoramento intrapopulacional, onde a seleção visa o melhoramento per se das populações;
- (2) melhoramento interpopulacional, onde a seleção visa o melhoramento do híbrido (F_1) entre duas populações.

COMSTOCK et alii (1949), deram início ao melhoramento interpopulacional ao sugerirem a seleção recorrente recíproca (SRR). Nesse método, utiliza-se duas populações, onde os genótipos de cada uma delas são avaliados em cruzamentos com a outra população. Os genótipos que apresentaram melhor capacidade de combinação com a população recíproca são recombinados entre si. Dessa forma, utiliza-se a capacidade geral e específica de combinação, aumentando a resposta heterótica entre as duas populações no melhoramento do híbrido interpopulacional.

O procedimento original sugerido por COMSTOCK et alii de acordo com PATERNIANI (1978), envolve as seguintes etapas:

- a. autofecundação de plantas da população A e cruzamento simultâneo com as plantas da população B. De modo idêntico, plantas da população B são autofecundadas e cruzadas com plantas da população A. Para os cruzamentos, o pólen da planta autofecundada é colocada em estigmas de 4 a 5

plantas ao acaso da outra população.

- b. avaliação em ensaios de produção das progênies obtidas dos cruzamentos;
- c. recombinação das melhores linhagens S_1 de A, de acordo com os resultados dos ensaios. O mesmo é efetuado com as melhores linhagens da população recíproca.

O sucesso da seleção recorrente recíproca segundo HALLAUER & MIRANDA Filho (1981), depende da complexidade da característica sob seleção, da técnica experimental de avaliação de progênies e do efeito ambiental. Em termos práticos, quando se faz comparações de resultados, verifica-se que melhoramentos significativos podem ser esperados para a maioria das características, mas a taxa de melhoramento será maior para algumas características do que para outras.

Iniciou-se em 1949 um programa de SRR utilizando Iowa Stiff Stalit Syntetic (BSS) e Iowa Corn Borer Syntetic (BSCB1). Frequentemente avaliações tem sido feitas com 95 a 100 "top crosses" para cada população, de onde 10 linhas S_1 são selecionadas com base no comportamento desses "top crosses", para serem recombinados no ciclo seguinte. EBERHART et alii (1973) observaram um ganho de 4,5% por ciclo no cruzamento de BSSS e BSCB1 após 5 ciclos de SRR. MARTIN & HALLAUER (1980) estimaram, após 7 ciclos de SRR, um

ganho de 3,0% por ciclo no cruzamento entre BSSS e BSCB₁. Não havia evidências de decréscimo de variação genética após esses 7 ciclos de seleção.

As discrepâncias entre as estimativas feitas por EBERHART *et alii* (1973), PENNY & EBERHART (1971) e MARTIN & HALLAUER (1980), foram, segundo esses autores, devidas aos ambientes nos quais os materiais foram avaliados.

Resultados apresentados por MOLL (1959), de um programa de SRR envolvendo as variedades Jarvis e Indian Chief, mostraram que após um ciclo de seleção, a produção média dos "top crosses" passou de 8% a menos que a média do híbrido duplo comercial, para 2% a menos. No segundo ciclo, o "top cross" produzia 7% a mais que o híbrido comercial.

Após seis ciclos de SRR, o ganho de seleção no cruzamento de Jarvis e Indian Chief foi de 3,5% por ciclo (MOLL & STUBER, 1971).

Um programa utilizando famílias de irmãos-germanos com essas mesmas variedades foi descrito por MOLL *et alii* (1978). Após seis e oito ciclos, a seleção de famílias de irmãos-germanos foi mais efetiva que a SRR para melhoramento intrapopulacional, mas inferior à SRR no cruzamento intervarietal.

Um valor mais elevado foi obtido com a SRR

por COLLIER (1959) e DOUGLAS *et alii* (1961), após dois ciclos com as populações Yellow Surecropper e Ferguson's Yellow Dent. Eles encontraram 5,8% por ciclo. Valor idêntico foi observado com os Sintéticos A e G por THOMPSON & HARVEY (1960), após três ciclos de SRR. Da mesma forma, GERVES (1974) reporta um ganho de 5,8% por ciclo no cruzamento de Teko Yellow e Natal Yellow Horsetooth, embora observa-se nesse caso que esse valor foi inferior aos progressos de 7,5 e 7,4% por ciclo para a primeira e segunda população, respectivamente.

Populações com ampla variabilidade genética tenderam a responder com níveis de progressos genéticos superiores, quando submetidos à SRR. Isso se verifica no programa conduzido no Quênia, relatado por DARRAH *et alii* (1978), envolvendo as populações Kitale II e Ecuador 573. Após três ciclos de SRR, o progresso obtido no intercruzamento foi de 7,0%. THOMAS & GRISSOM (1961) avaliaram dois ciclos de SRR em milho pipoca. Obtiveram por ciclo 10,7% de aumento na capacidade de expansão, 6,9% de aumento de produtividade e 37,8% de decréscimo no acamamento, medidos em porcentagem do híbrido usado como testemunha.

Esses programas de melhoramento envolvendo SRR são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Progressos genéticos nos intercruzamentos, obtidos com seleção recorrente recíproca em progênie de meios-irmãos, em alguns programas de melhoramento de milho.

Populações parentais		Método	Nº de ciclos	Ganho ciclo (%) A x B	Referências
A	B				
A x B					
Yellow Surecopper	Ferguson Y. Dent	MI-SRR	2	5,8	COLLIER (1959); DOUGLAS et alii (1961)
Syn A	Syn G	MI-SRR	3	5,8	THOMPSON & HARVEY (1960)
População A	População B	MI-SRR	2	7,1	THOMAS & GRISSOM (1961)
Jarvis	Indian Chief	MI-SRR	6	3,5	MOLL & STUBER (1971)
Stiff Stalk Syn.	Corn Borer Syn.	MI-SRR	5	4,5	EBERHART et alii (1973)
Kitale II	Ecuador 573	MI-SRR	3	7,0	DARRAH et alii (1978)
Teko Yellow	N.Y. Horsetooth	MI-SRR	3	5,8	GEVERS (1974)
Dente Composto	Flint Composto	MI-SRR	1	3,7	PATERNIANI (1971)
Piramex	Cateto	MI-SRR	1	7,5	PATERNIANI & VENCovsky (1977)
Dente Composto	Flint Composto	MI-SRRP	2	3,5	PATERNIANI & VENCovsky (1978)

Fonte: HALLAUER & MIRANDA Filho (1981).

2.2.2. Modificações no método de SRR

Os resultados por esse método, a despeito do mesmo ser considerado correto por aproveitar todos os tipos de ação gênica, mostrou-se aquém do esperado, refletindo atualmente, em pouca utilização. Os fatores que podem explicar esse fato são relacionados por PATERNIANI & VENCOVSKY (1977):

1. autofecundação e cruzamento ao mesmo tempo envolve muito trabalho e reduz o número de genótipos a serem avaliados;
2. amostragem inadequada do testador (4 a 5 plantas);
3. uma adequada recombinação de progênes S_1 requer pelo menos duas gerações;
4. intervalo entre os ciclos é grande e, além do ganho por ano ser baixo, a seleção pode ser muito afetada pela interação genótipo x ano.

Com o intuito de se aumentar a eficiência da SRR, HALLAUER & EBERHART (1970) sugeriram a utilização de progênes de irmãos-germanos, obtidas de plantas prolíficas. O método é denominado de seleção recorrente recíproca com irmãos-germanos (SRRIG). Devido à forte correlação entre plantas prolíficas e produtividade (ROBINSON *et alii*, 1951; LONNQUIST, 1967; SOUZA Jr. *et alii*, 1980, entre outros), espera-se obter progressos adicionais àqueles resultantes apenas da seleção das progênes. Outra vantagem desse método é

a possibilidade de se avaliar o dobro do número de plantas em um mesmo espaço físico, permitindo uma seleção mais intensa. Apesar disso, esse método também não tem sido muito utilizado, provavelmente pelos mesmos fatores descritos por PATERNIANI & VENCOVSKY (1977) para justificar a baixa eficiência da metodologia original.

Progênies de meios-irmãos têm sido utilizadas com eficiência na seleção intrapopulacional (PATERNIANI, 1967; WEBEL & LONNQUIST, 1967). Em vista disso, PATERNIANI & VENCOVSKY propuseram uma modificação na metodologia de SRR, utilizando "top crosses" de progênies de meios-irmãos (SRRMI). Essa metodologia emprega duas populações, cada uma delas servindo de testador recíproco para a outra. Os "top crosses" das progênies de meios-irmãos são avaliados em ensaios com repetições, sendo as sementes remanescentes, correspondentes às melhores progênies de cada população, utilizadas para recombinação. Por esse método (SRRMI), cada ciclo é completado em três anos ou gerações, o que reduz possíveis interações do tipo genótipo x ano.

Outros aspectos vantajosos desse método são:

- a. simplicidade e menor trabalho na condução que o esquema original, uma vez que não necessita de polinizações manuais;
- b. problemas de amostragem são minimizados e;
- c. a recombinação entre as progênies de meios-irmãos sele-

cionados é mais adequada do que entre S_1 . PATERNIANI & VENCOVSKY (1977) obtiveram em um ciclo de seleção com as populações Piramex e Cateto, um ganho de 7,5% no F_1 do cruzamento entre elas. Considerando que a seleção foi praticada também para outros caracteres agronômicos, os resultados, embora de apenas um ciclo, foram animadores.

No sentido de aprimorar o esquema anterior (SRRMI), PATERNIANI & VENCOVSKY (1978), sugeriram outra modificação, aproveitando a possibilidade nas plantas prolíficas de obtenção de dois tipos de progênies em cada planta. Essa metodologia denominou-se seleção recorrente recíproca com famílias de meios-irmãos, obtidas de plantas prolíficas (SRRMIP). As espigas superiores são polinizadas com uma mistura de pólen da outra população, obtendo-se assim as progênies de meios-irmãos interpopulacionais, que são avaliadas em ensaios. As progênies intrapopulacionais são obtidas com uma mistura de pólen da própria população, na espiga inferior, na condição de lotes isolados de despendoamento. Dois ciclos de seleção com as populações ESALQ VF-1 e ESALQ VD-2 resultaram em um progresso de 3,5% por ciclo no F_1 entre essas duas populações. Como vantagens dessa metodologia, segundo os autores, pode-se relacionar:

1. menor interação genótipo x ano e maior ganho por ano, já que cada ciclo é completado em duas gerações;

2. todos os anos as plantas são submetidas à seleção (SRR e prolificidade);
3. possibilita utilização de grande número de plantas.

Com três ciclos de seleção PATERNIANI & VENCOVSKY (1978), relatam ganhos de produtividade dos cruzamentos intervarietais de 3,5% por ciclo. Adicionalmente, foi praticada seleção para caracteres agrônômicos como resistência ao acamamento e menor altura de planta e espiga, obtendo-se progressos nesses caracteres.

Nas Figuras 2 a 5, observa-se os esquemas de seleção citados, adaptados de HALLAUER & MIRANDA Filho (1981):

FIGURA 2. Seleção recorrente recíproca (COMSTOCK et alii, 1949).

FIGURA 3. Seleção recorrente com irmãos-germanos - SRRIG
(HALLAUER & EBERHART, 1970).

FIGURA 4. Seleção recorrente recíproca com meios irmãos -
SRRMI (PATERNIANI & VENCovsky, 1977).

FIGURA 5. Seleção recorrente recíproca com famílias de meios irmãos obtidas de plantas prolíficas - SRRMIP (PATERNIANI & VENCovsky, 1978).

2.2.3. Análises comparativas dos métodos de SRR

Comparações entre os métodos SRR original e SRRMI realizadas por PATERNIANI & VENCovsky (1977), evidenciaram certos aspectos relevantes além da simplicidade e não limitado número de sementes de SRRMI. Esse método, por causa do grande número de progênie testadas e pela natureza das unidades de recombinação, mostra-se mais apropriado para objetivos de longo prazo. SRRMI utiliza menor porção da variabilidade genética, mas permite uma maior pressão de seleção devido ao tamanho efetivo populacional ser aproximadamente quatro vezes o número de famílias testadas. Dessa

forma, menores são os riscos de perda de variabilidade por deriva genética durante a seleção.

Por outro lado, os mesmos autores fizeram comparações teóricas entre seleção recorrente recíproca com meios-irmãos (SRRMI) e seleção recorrente recíproca com famílias de meios-irmãos obtidas de plantas prolíficas (SRRMIP), e constataram que SRRMI utiliza menor porção da variância genética aditiva no intercruzamento do que SRRMIP. Assim sendo, o progresso esperado de seleção em SRRMI será menor. Apesar disso, verifica-se que o tamanho efetivo populacional se mantém em níveis superiores à SRRMIP.

Um quadro geral desses métodos pode ser visualizado na Tabela 2.

Como se pode observar pelas considerações tecidas até o momento, o método de melhoramento interpopulacional escolhido na condução dos programas de melhoramento é em grande parte, dependente dos objetivos finais, específicos de cada programa.

TABELA 2. Esquemas de seleção recorrente recíproca e seus aspectos gerais (HALLAUER & MIRANDA Filho, 1981).

Esquemas de SRR	Unidade de seleção	Unidade de recombinação	População melhoradas (A_1 e B_1)
SRRMI	MI e IG	Famílias S_1	Progênies de $S_1 \times S_1$
SRRIG	IG	Famílias S_1	Progênies de $S_1 \times S_1$
SRR Modif.			
MI	MI	Famílias MI	MI Recombinados
SRR Modif.			
MIP	MI	Famílias MI	MI Recombinados

* MI : meios irmãos; IG : irmãos-germanos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

No presente trabalho, utilizaram-se duas populações de milho pipoca de grãos amarelos com as seguintes características:

- (1) **Variedade Pirapoca** - obtida no Instituto de Genética da ESALQ/USP, a partir do composto IGEN-2, através de três ciclos de seleção massal estratificada para produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. É uma variedade prolífica, que apresenta capacidade de expansão em torno de 26 e produtividade estimada em 50% do híbrido HMD 7974. Segundo ZINSLY & MACHADO (1978), possui variabilidade genética para todos os caracteres de importância econômica.
- (2) **Composto Normal** - obtido no Instituto de Genética da ESALQ/USP, pelo cruzamento da variedade Pérola Piracicaba (milho "flint") com a variedade Pirapoca-Amarela, se-

guido de dois retrocruzamentos, usando a variedade Pirapoca como pai recorrente. É uma população prolífica, que possui grande variabilidade para caracteres de importância econômica, com capacidade de expansão ligeiramente superior à variedade Pirapoca (27), e produtividade semelhante.

3.2. Métodos

3.2.1. Seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos

No ano agrícola de 1982/83 foram selecionadas massalmente cerca de 3.000 plantas competitivas, superiores quanto a caracteres agronômicos, de um lote isolado de polinização contendo aproximadamente 12.000 plantas da variedade Pirapoca Amarela, localizado na área experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP. Igual procedimento foi executado para o Composto Normal (N). Com as espigas das plantas selecionadas procedeu-se a nova seleção, conservando 530 espigas em cada população possuidoras das características: espigas grandes, livres de doenças e com grãos uniformes quanto à forma e cor. Essas constituíram as famílias de meios irmãos para o presente trabalho.

Fez-se um "top cross" para cada população no ano agrícola 1983/84, na área experimental do Departamento de Genética. As famílias da população A (Pirapoca), foram dispostas em fileiras individuais de 5,0 m, contendo cada uma delas 25 plantas. A cada três filerias dessa população colocou-se uma fileira composta de uma mistura de sementes da população B (Composto N) recíproca, como pai testador. As fileiras avaliadas, para atuarem como progenitores femininos, foram despendoadas manualmente. Procedeu-se de forma análoga, agora com a população A sendo testadora de B. Por ocasião da colheita, após eliminar os tipos inferiores, obtiveram-se 500 progênies de "top cross" para cada população avaliada.

Após a debulha de todas as espigas de cada progênie de "top cross", amostrou-se as sementes suficientes para efetuar-se o ensaio de produção.

No ano seguinte (1984/85), fez-se um ensaio de produção dessas progênies de "top cross" na Estação Experimental de Anhembi, Município de Piracicaba. Utilizou-se o delineamento experimental de látice simples duplicado. Cada parcela foi constituída de uma fileira de 5,0 m de comprimento com espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 0,4 m entre covas, com duas sementes por cova. As covas nas extremidades das fileiras receberam três sementes e as duas sementes

restantes foram distribuídas ao acaso no centro da fileira. Efetuou-se a colheita das parcelas individuais, (2.000 de cada população). Simultaneamente, registrou-se o "stand" e o peso de cada parcela em termos de espigas despalhadas.

Após as análises estatísticas, corrigidas para "stand" pela fórmula de Zuber, selecionou-se os tratamentos levou-se em conta não só o ajuste para "stand", como também, o comportamento uniforme desses tratamentos em todas as repetições.

De cada população foram selecionadas as 100 progênies de "top cross" superiores quanto à produtividade. Cada uma dessas progênies foi avaliada para a capacidade de expansão, com as sementes remanescentes colhidas dos "top crosses", já que esse caráter não apresenta efeito de xênia. Selecionaram-se assim as 12 famílias de meios irmãos da população Pirapoca, superiores quanto a produtividade e capacidade de expansão e as 12 famílias de meios irmãos da população Composto N, também superiores aos mesmos caracteres.

Com o objetivo de recombinar as progênies selecionadas, fez-se uma amostragem de sementes remanescentes dessas progênies. Devido à baixa germinação essas sementes foram plantadas em sacos plásticos sob condição de casa de vegetação. Posteriormente, foram transplantadas em dois lotes isolados contendo cerca de 250 plantas cada um deles.

Procedeu-se a colheita de todas as plantas de onde reamostrou-se cada espiga igualmente para nova recombinação em lotes isolados, de onde se extrairão novas famílias de meios-irmãos para um novo ciclo de seleção recorrente recíproca.

3.2.2. Seleção recorrente recíproca para melhoramento simultâneo a curto prazo

Quando se avaliou o ensaio de "top cross", fez-se uma seleção intensa, de tal forma que para cada população, das 500 progênies de "top cross" ensaiadas, selecionaram-se apenas as 12 superiores para o caráter produtividade. Essas progênies não tem nenhuma relação com as 12 progênies superiores após seleção para capacidade de expansão, no melhoramento a médio e a longo prazo descrito anteriormente.

No ano agrícola de 1985/86, após amostrar-se cada família, recombinaaram-se as mesmas com polinizações manuais, dentro de cada população. As famílias individuais foram dispostas lado a lado, em fileiras de 20,0 m de comprimento, espaçadas 1,0 m entre si.

Na recombinação selecionaram-se os indivíduos, buscando intercruzar plantas prolíficas e vigorosas, sem doenças e com coincidência de florescimento. Algumas espis-

gas desses cruzamentos foram descartadas devido à incidência de fungos nas sementes, resultando em cerca de 500. Essas foram avaliadas para capacidade de expansão, sendo metade dessas espigas para cada população.

Após as determinações da capacidade de expansão, selecionaram-se massalmente com duas repetições as sete (7) amostras superiores em cada população. Como o número de sementes remanescentes foi reduzido, procurou-se fazer duas recombinações seguidas. Esse procedimento permite que se faça uma seleção massal adicional na segunda recombinação para caracteres agronômicos como: acamamento, resistência a doenças e bom empalhamento, antes de serem liberadas para os produtores como variedades superiores "per se", ou com a produção do híbrido intervarietal entre esses materiais.

3.2.3. Ensaio comparativo de produtividade e capacidades de expansão envolvendo as etapas de melhoramento descritas

O ensaio constituiu-se de dez tratamentos, cinco de cada população, com dez repetições. Estes tratamentos foram compostos de sub populações melhoradas e estão relacionados na Tabela 8.

As parcelas foram constituídas de quatro fi-

leiras de 5,0 m, espaçadas 1,0 m entre si. Apenas as duas fileiras centrais foram consideradas úteis na análise estatística da produtividade e capacidade de expansão.

De cada parcela tomou-se uma amostra de grãos, de onde determinou-se a capacidade de expansão com três repetições.

3.2.4. Estimação de parâmetros

3.2.5.1. Produtividade

O modelo matemático considerado para o experimento em látice simples duplicado, foi:

$$(1) \quad X_{ijk} = \mu + P_i + r_j + b_{k(j)} + e_{ik(j)}$$

onde:

X_{ijk} = observação da progênie i , no bloco k da repetição j ;

μ = média geral;

P_i = efeito da progênie i ;

r_j = efeito da repetição j ;

$b_{k(j)}$ = efeito do bloco k dentro da repetição j ;

$e_{ik(j)}$ = erro intra-blocos ou erro experimental associado ao tratamento i dentro do bloco k da repetição j .

Com excessão da média, todos os demais efei-

tos foram considerados aleatórios. Assim:

$$E(p_i) = E(r_j) = E[b_k(j)] = E[e_{ik(j)}] = 0$$

$$E(p_i^2) = \sigma^2 p; E(r_j^2) = \sigma^2 r; E[b_k(j)^2] = \sigma^2 b; E[e_{ik(j)}^2] = \sigma^2 e$$

$\sigma^2 p$ = variância genética entre progênies;

$\sigma^2 r$ = variância ambiental entre repetições;

$\sigma^2 b$ = variância ambiental entre blocos dentro de repetições;

$\sigma^2 e$ = variância ambiental entre parcelas.

Preliminarmente, os dados referentes ao caráter produtividade foram corrigidos para "stand" de 30 plantas por parcela pela fórmula de ZUBER (1942):

$$PCC = \frac{PC \cdot (H - 0,3 F)}{H - F}$$

onde:

PCC = peso de campo corrigido da parcela (kg/5,0 m²);

PC = peso de campo da parcela corrigido para 25% de umidade (kg/5,0 m²);

H = "stand" final desejado da parcela (30 plantas);

F = número de falhas da parcela.

Essa fórmula adiciona à produção, para cada planta falhada, 70% da produção média e considera que 30% da sua produção seria recuperada pelo aumento da produção das plantas vizinhas. É possível fazer boas estimativas quando

a porcentagem de falhas não ultrapassa 20%.

Quando existem falhas, devido à capacidade que o milho possui de responder de maneira acentuada à ausência de plantas vizinhas, as plantas próximas a essas falhas tendem a ser mais produtivas do que as plantas competitivas. O ideal seria a ausência de falhas; entretanto, isso nem sempre é possível na prática. Outra forma de se conseguirem os dados mais consistentes possíveis é através do uso de correlações.

O esquema de análise de variância para produtividade tomado como totais de parcelas, de acordo com COCHRAN & COX (1957), juntamente com as esperanças matemáticas dos quadrados médios, admitindo o modelo acima (1), pode ser visualizado na Tabela 3.

Os níveis de significância foram obtidos utilizando-se as tabelas estatísticas apresentadas por STEEL & TORRIE (1960), e por PIMENTEL GOMES (1978).

Desta forma:

$$\hat{\sigma}^2_p = \frac{(Q_1 - Q_2)}{r}$$

$\hat{\sigma}^2_p$ = estimativa da variância de progênie;

$\sigma^2_{\bar{F}}$ = estimativa da variância fenotípica calculada com totais de parcelas.

TABELA 3. Quadro de análise de variância e esperanças matemáticas dos quadrados médios $E(QM)$ para o delineamento experimental em látice.

Fonte de variação	G.L. ^{1/}	QM ^{2/}	E(QM)
Repetições	r-1	Q ₅	-
Tratamentos não aj.	(k ² -1)	Q ₄	-
Blocos D. rep. aj.	2q(k-1)	Q ₃	-
Erro intrablocos	2qk ² -k ² -2qk+1	Q ₂	σ^2e
Total	(rk ² -1)		
Tratamentos ajustados	(k ² -1)	Q ₁	$\sigma^2e+r\sigma^2p$

^{1/} (G.L.) grau de liberdade

^{2/} (Q.M.) quadrado médio

q = número de planos básicos

r = número de repetições

k = número de tratamentos por bloco

Para progênies de "top cross" (interpopulacional):

$$\hat{\sigma}^2_p = \frac{1}{8} \hat{\sigma}^2_{a_{12}} = \frac{1}{8} \hat{\sigma}^2_{a_{21}}$$

$$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}} = \frac{Q_1}{r} = \frac{\sigma_e^2}{r} + \hat{\sigma}^2_p$$

$$ds = m_s - m_o$$

$$h_m^2 = \frac{\frac{1}{16} \hat{\sigma}^2_a}{\sigma_{\bar{F}}^2}$$

ds = diferencial de seleção;

$\hat{\sigma}^2_{a_{12}}$ = estimativa da variância aditiva das progênies de "top cross" do composto N (♀), cruzado com a variedade Pirapoca (♂);

$\hat{\sigma}^2_{a_{21}}$ = estimativa da variância aditiva das progênies de "top cross" da variedade Pirapoca (♀), cruzado com o Composto N (♂);

h_m^2 = herdabilidade em termos de totais de parcela;

m_s = média selecionada;

m_o = média original.

$$\hat{G}_s = (ds_{12} \cdot \hat{h}_{12}^2 + ds_{21} \cdot \hat{h}_{21}^2) \frac{1}{2}$$

$\hat{G}_s$ = progresso esperado com seleção no híbrido intervarietal.

$$CV\% = \frac{\sqrt{Q_2}}{\bar{T}} \cdot 100$$

CV% = coeficiente de variação experimental (%);

$\bar{T}$ = média do ensaio na base de totais de parcelas.

$$\hat{\sigma}^2_{a(12)} = (\hat{\sigma}^2_{A_{12}} + \hat{\sigma}^2_{A_{21}}) \frac{1}{2}$$

$\hat{\sigma}^2_{a_{12}}$ = estimativa da variância aditiva média das progênes
"top cross" das duas populações envolvidas.

4. RESULTADOS

4.1. Seleção recorrente recíproca em famílias de meios-irmãos

Os resultados das análises de variância da produção de espigas despalhadas dos experimentos, correspondentes à avaliação das progênies "top cross" das populações Pirapoca e Composto N, estão apresentados nas Tabelas 9 a 18. Os coeficientes de variação experimental dos látices (CV%), variaram de 17,91% (experimento 5 - Tabela 13) a 49,86% (experimento 1 - Tabela 9) no ensaio de progênies de "top cross" da variedade Pirapoca, e de 19,64% (experimento 6 - Tabela 14) a 36,13% (experimento 10 - Tabela 18), no ensaio de progênies de "top cross" do Composto N.

A eficiência dos látices em relação aos blocos casualizados apresentou uma amplitude de variação de 100,65% (experimento 1) a 111,86% (experimento 5), para os experimentos com a variedade Pirapoca, e de 100,13% (experimento 10) a 116,49% (experimento 7) para os experimentos en-

volvendo o Composto N.

As diferenças entre progênies, com relação ao teste F para tratamentos ajustados, mostraram-se variáveis. Foram significativos ao nível de 5% de probabilidade nos experimentos 2 e 8 (Tabelas 10 e 16), e significativos ao nível de 1% de probabilidade nos experimentos 3 e 5 (Tabelas 11 e 13). Nos demais experimentos o teste F não acusou significância (Tabelas 9, 12, 14, 15, 17 e 18).

As progênies avaliadas apresentaram produções ajustadas de espigas despalhadas variando de 2996 kg/ha a 13.396 kg/ha, com média de 5.838 kg/ha na variedade Pirapoca e de 3.746 kg/ha a 12.946 kg/ha, com média de 6.108 kg/ha no Composto N. Os valores extremos nas seleções dessas progênies foram descartados, uma vez que foram obtidos por ajustamento. A seleção não foi truncada, devido ao baixo "stand" e falta de repetibilidade desses valores em todas as repetições.

Após seleção de 100 progênies de cada população, verificou-se que as produções ajustadas de espigas despalhadas variaram de 6.196 kg/ha a 9.796 kg/ha, com média de 6.682 kg/ha na variedade Pirapoca. Da mesma forma no Composto N, após a seleção das 100 progênies, encontrou-se valores variando de 6.546 kg/ha a 9.746 kg/ha, com média de 6.840 kg/ha.

4.2. Seleção recorrente recíproca para melhoramento simultâneo a curto prazo

A re-seleção das 12 progênies superiores para produção de espigas despalhadas, dentro das 100 previamente escolhidas em ambas populações, teve como objetivo dispor de um material selecionado a curto prazo. Verifica-se por esse procedimento que os valores encontrados para esse caráter variaram com a mesma amplitude das 100 progênies superiores, nas duas populações. Entretanto, a média observada foi de 6.874 kg/ha na variedade Pirapoca e 7.220 kg/ha no Composto N.

Nas Figuras 6 e 7 encontra-se a distribuição do número de progênies das populações avaliadas, selecionadas para a SRR e para a seleção a curto prazo, obtidas a partir de histogramas. Observa-se nessas figuras a variação dos desvios padrão em função dos tipos de seleção efetuados.

Um esquema completo das etapas conduzidas no presente programa de melhoramento encontra-se na Figura 8, ilustrando melhor todo o processo executado.

FIGURA 6. Distribuição da produtividade de 500 progênes de "top cross" de Pirapoca SM x Composto N SM (I). Distribuição da produtividade de 100 progênes de Pirapoca SRR-Ciclo I (II). Distribuição da produtividade de 12 tratamentos de Pirapoca SRR-Ciclo I (2,4% de seleção) (III).

FIGURA 7. Distribuição da produtividade de 500 progênie de "top cross" de Composto N SM x Pirapoca SM (I). Distribuição da produtividade de 100 progênie de Composto N SRR-Ciclo I (II). Distribuição da produtividade de 12 progênie de Composto N SRR-Ciclo I (2,4% de seleção) (III).

FIGURA 8. Procedimentos efetuados visando seleção recorrente recíproca para produtividade e capacidade de expansão e seleção recorrente recíproca para produtividade associada com seleção fenotípica para capacidade de expansão (seleção a curto prazo).

4.3. Estimação de parâmetros

A partir do ensaio de progênes de "top cross", estimaram-se alguns parâmetros genéticos tais como: variância aditiva, variância fenotípica, herdabilidade e ganho de seleção esperado para as duas populações. As estimativas foram calculadas ao nível de totais de parcelas de 5,0 m² e transformadas para gramas por planta, para permitir comparações com outros resultados.

Consideram-se quatro dos cinco látices para cada população, uma vez que apenas os coeficientes de variação dos látices descartados da análise apresentaram-se excessivamente altos (experimentos 1 e 10).

Nas Tabelas 4 e 5 a seguir estão dispostos os resumos das análises agrupadas das progênes de "top cross" de cada população.

As 100 progênes de "top cross" superiores para produtividade, após submetidas à seleção para capacidade de expansão, resultaram em 12 famílias de cada população que posteriormente foram recombinadas, possuindo médias de produtividade igual a 6.966,5 kg/ha na variedade Pirapoca e 7.301,6 kg/ha no Composto N.

Em função do novo diferencial de seleção obtida, tem-se as novas estimativas do ganho de seleção (Gs)

igual a 266,8 kg/ha ou 4,47% no híbrido intervarietal.

TABELA 4. Análise agrupada de "top cross" com quatro látices 10 x 10 simples duplicado, variedade Pirapoca (21), a nível de plantas individuais.

Pirapoca			
Fonte de variação	G.L.	Q.M.	
Progênies/experim.	396	16,16127	(Q ₁)
Erro médio	1044	11,07963	(Q ₂)

Q₁ e Q₂ em (g/planta)²

$$\hat{\sigma}^2_p = 1,27041 \text{ (g/planta)}^2$$

$$\hat{\sigma}^2_a = 10,163282 \text{ (g/planta)}^2$$

$$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}} = 4,040317 \text{ (g/planta)}^2$$

$$\hat{h}^2_m = 15,7215\%$$

$$ds = 14,067 \text{ g/planta ou } 844 \text{ kg/ha (30 plantas/parcela)}$$

$$CV_{21} = 22,75\%$$

TABELA 5. Análise agrupada de "top cross" com quatro látices 10 x 10 simples duplicado, Composto N (12), a nível de plantas individuais.

Composto N			
Fonte de variação	G.L.	Q.M.	
Progênies/experim.	396	18,17366	(Q ₁)
Erro médio	1044	15,451858	(Q ₂)

Q₁ e Q₂ em (g/planta)²

$$\hat{\sigma}^2_p = 0,68045 \text{ (g/planta)}^2$$

$$\hat{\sigma}^2_a = 5,4436 \text{ (g/planta)}^2$$

$$\hat{\sigma}^2_{\bar{F}} = 4,54341 \text{ (g/planta)}^2$$

$$\hat{h}^2_m = 7,488\%$$

$$ds = 12,20 \text{ g/planta ou } 732 \text{ kg/ha (30 plantas/parcelas)}$$

$$CV_{12} = 19,17\%$$

$$Gs = 3,123 \text{ g/planta ou } 187,5 \text{ kg/ha}$$

$$Gs = 3,15\% \text{ no híbrido intervarietal}$$

$$\hat{\sigma}^2_{a(12)} = 7,80344 \text{ (g/planta)}^2 \text{ a nível interpopulacional.}$$

Considerando a seleção das 12 famílias superiores pelo ensaio de "top cross" (seleção a curto prazo), tem-se:

$$ds_{12} = 18,534 \text{ g/planta}$$

$$ds_{21} = 17,267 \text{ g/planta}$$

$$Gs = 4,102 \text{ g/planta ou } 246,14 \text{ kg/ha}$$

$$Gs = 4,12\% \text{ no híbrido intervarietal de curto prazo}$$

4.4. Comparações das diferentes alternativas de seleção

Podem-se fazer comparações de produtividade e capacidade de expansão nas duas populações para as diferentes estratégias de seleção, contendo o mesmo número (12) de amostras selecionadas.

A seguir é apresentada a Tabela 6 que ilustra as observações anteriores.

TABELA 6. Comparação de diferentes esquemas de seleção contendo o mesmo número de amostras selecionadas.

	Pirapoca		Composto N	
	CE média	Produção média (kg/ha)	CE média	Produção média (kg/ha)
SRR produtividade + seleção p/CE	23,7	6966,5	26,2	7301,6
SRR produtividade (sel. a curto prazo)	17,9	6874,0	22,4	7220,0
SRR produtividade* (sel. a curto prazo) + seleção p/ CE	30,3	6874,0	33,0	7220,0

* Obtido após recombinação manual das 12 famílias superiores na seleção à curto prazo para produtividade, e seleção para capacidade de expansão.

Originalmente, por essa amostragem, as populações de longo prazo possuíam médias de capacidade de expansão de 19,5 volumes na variedade Pirapoca e 22 volumes no Composto N.

Antes da seleção para capacidade de expansão as populações de curto prazo possuíam médias de 19,05 volumes na variedade Pirapoca e 25,54 volumes no Composto N.

A Tabela 7 apresenta a análise de variância da CE contendo as etapas envolvidas no presente trabalho, com as duas populações. Verifica-se que o coeficiente de variação experimental foi elevado para esse caráter (19,25%), além de que o teste F só apresenta significância no intervalo entre 5 e 10%.

TABELA 7. Análise de variância em blocos ao acaso da capacidade de expansão das sub-populações utilizadas no presente trabalho, distribuídas entre a variedade Pirapoca e o Composto N.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F
Repetições	5	5,859	-
Tratamentos	9	30,846	2,087
Erro	45	14,778	-
$\bar{x} = 19,97$	$0,1 \leq F \leq 0,05$		CV = 19,25%

A tabela a seguir, apresenta as médias das capacidade de expansão de cada tratamento utilizado no ensaio desse caráter. Esses dados são importantes para que se possa inferir sobre a variação da capacidade de expansão, à

medida que se seleciona para produtividade.

Para uma maior compreensão dos resultados, também estão incluídos nessa tabela os valores de capacidades de expansão obtidos após a seleção para esse caráter nas populações a curto prazo, apesar de não fazerem parte desse ensaio.

TABELA 8. Tratamentos envolvidos no ensaio da capacidade de expansão e suas respectivas médias de seis repetições.

Tratamentos	Média de CE
a. Pirapoca amarela original	22,0
b. Pirapoca amarela com um ciclo de seleção massal para características fenotípicas da espiga (Pirapoca SM).	21,0
c. "Top cross" de Pirapoca SM (♀) com Composto N SM (♂).	21,6
d. Pirapoca amarela com um ciclo de SRR em famílias de meios-irmãos para produtividade - 100 melhores.	21,0
e. Pirapoca amarela com um ciclo de SRR em famílias de meios-irmãos para produtividade - 12 melhores (seleção a curto prazo).	17,0
f. Pirapoca amarela com um ciclo de SRR em famílias de meios-irmãos para produtividade de (sel. a curto prazo) seguido de recombinação e seleção para CE.	30,3
g. Composto N original.	22,0
h. Composto N com um ciclo de seleção massal para características fenotípicas da espiga (Composto N SM).	23,0
i. "Top cross" de Composto N SM (♀) com Pirapoca SM (♂).	22,7
j. Composto N com um ciclo de SRR em famílias de meios-irmãos para produtividade - 100 melhores.	23,0
k. Composto N com um ciclo de SRR em famílias de meios-irmãos para produtividade - 12 melhores (seleção a curto prazo).	23,0
l. Composto N com um ciclo de SRR em famílias de meios irmãos para produtividade (sel. a curto prazo) seguido de recombinação e seleção para CE.	33,0

5. DISCUSSÃO

5.1. Análises de variância do ensaio de "top crosses" para produtividade

Os valores encontrados para os coeficientes de variação experimental dos experimentos em látice 10 x 10 para produtividade de espigas despalhadas, das populações Pirapoca e Composto N, apresentaram-se elevados, principalmente em dois deles (experimento 1 e 10 - Tabelas 9 e 18). As causas principais desses resultados foram duas:

- a. nesse ano agrícola (1984/85) houve um veranico logo após a germinação das sementes, o que afetou principalmente o "stand" nos dois experimentos citados, haja vista que a disposição de ambos no campo foi, respectivamente, o primeiro e o último, apesar de haver sido plantado fileiras de bordadura ao redor de toda a área do experimento;
- b. o solo da Estação Experimental de Anhembi, local dos ensaios, é do tipo encontrado no cerrado, tornando-se muito difícil uniformização, principalmente com os experimentos

desse tipo, cuja área foi relativamente grande (24.000 m²).

A baixa precisão experimental expressa pelos coeficientes de variação, reflete também os valores do teste F e da eficiência do delineamento experimental adotado. Apesar da precisão experimental não ter sido a desejada, tal constatação não implica em maiores problemas, uma vez que a seleção das famílias superiores foi branda (20%), e levou em conta o comportamento uniforme das progênies de "top cross" em todas as repetições para produtividade e "stand", o que segundo ZINSLY (1985, comunicação pessoal)*, garante uma seleção criteriosa dos materiais.

As médias de produtividade, antes e depois da seleção das 100 famílias superiores com base no "top cross", mantiveram-se superiores no Composto N, em relação à variedade Pirapoca, apesar de diminuída a diferença após a seleção.

A seleção em tandem das 12 progênies superiores para produtividade de espigas despalhadas, dentro das 100 previamente eleitas, nas duas populações, apresentou médias de produtividade também superiores para o Composto N em relação à variedade Pirapoca. Nesse caso, entretanto, a di-

* ZINSLY, J.R. (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, SP). Comunicação Pessoal, 1985.

ferença entre as duas populações aumentou com a seleção em tandem. Na seleção para capacidade de expansão procuraram-se as famílias com maior potencial de expansão possível, e ao mesmo tempo, que não apresentassem suas médias de produtividade a um nível inferior, dessa forma evitando a correlação negativa entre esses dois caracteres. Observa-se nas duas populações, que certas famílias destacam-se por apresentarem maior capacidade de expansão e maior produtividade concomitantemente. Por essa razão, ao invés de amostrar-se igualmente todas as famílias selecionadas, a fim de proceder a recombinação, favoreceram-se aquelas com as citadas qualidades (10% a mais de sementes), dessa forma incrementando a predominância de alelos favoráveis.

No cômputo geral, as médias de produtividade aumentaram na mesma proporção para as duas populações, considerando as 500 progênies avaliadas e as 12 progênies selecionadas.

As Figuras 6 e 7 mostram como a média e a variância alteraram-se após o uso de dois índices de seleção para produtividade de espigas despalhadas (20% e 2,4%). Nas duas populações originais, observa-se que o desvio padrão dos valores da produtividade são praticamente iguais. Após seleção das 100 progênies superiores, o desvio padrão decresceu simultaneamente, em torno de 60% do seu valor em cada população. Com a seleção das 12 progênies superiores,

nota-se um novo desvio padrão quase idêntico aos valores encontrados nas duas populações originais, para cada caso. Esses resultados são decorrentes do tipo de seleção efetuado nesses materiais. Não utilizou-se de seleção truncada, dessa forma, certa amplitude de variação com relação à produtividade foi incluída na amostra selecionada a curto prazo, uma vez que a mesma satisfazia as outras exigências tomadas como critério de seleção.

5.2. Estimação dos parâmetros genéticos e fenotípicos para o caráter produção de espigas despalhadas

As estimativas obtidas no presente trabalho foram calculadas em experimentos conduzidos em apenas uma localidade (Piracicaba - SP), e num único ano. Sendo assim, possivelmente elas tenham sido superestimadas, uma vez que nessas condições não é possível isolar o componente de variação devido à interação genótipo por ambiente. Entretanto, COMSTOCK & MOLL (1963) argumentaram que o efeito da interação genótipo por ambiente é maior em famílias que possuem maior variância genética aditiva. Dessa forma, estimativas obtidas de "top crosses" teriam uma pequena influência da interação dos efeitos aditivos por ambientes, uma vez que esse tipo de progênie libera pouca variância genética aditiva.

A variância genética aditiva estimada na variedade Pirapoca foi praticamente o dobro do Composto N. Como reflexo direto desse fato, a herdabilidade apresentou-se na mesma grandeza das variâncias aditivas, uma vez que as variâncias fenotípicas foram semelhantes nas duas populações.

O ganho de seleção que efetivamente interessa no presente trabalho é aquele advindo das 12 famílias que foram realmente recombinadas. O valor obtido no híbrido intervarietal de 4,47% nesse primeiro ciclo, aproxima-se do ganho por ciclo encontrado por EBERHART *et alii* (1973) com 5 ciclos de seleção nas populações Stiff Stalk Syntetic e Corn Borer Syntetic, que foi de 4,5%. Conforme pode ser observado na Tabela 1, o resultado aqui obtido está situado em termos médios aos valores obtidos com seleção recorrente recíproca nas populações de milho.

Um aspecto que deve ser salientado é que o presente trabalho fez uso de seleção para mais de um caráter. Nesse caso, optou-se por uma seleção em tandem, que admite cuidados em separado para cada caráter, à seleção índice, que pondera pesos de acordo com a importância individual do caráter. Além do mais, esses caracteres são correlacionados negativamente.

Em vista disso, considera-se que esse valor está satisfatoriamente dentro do esperado.

5.3. Comparações das diferentes alternativas de seleção

Comparando-se os valores de produção de espigas despalhadas por hectare, obtidos do ensaio de "top cross" envolvendo as 12 famílias que compõem a variedade Pirapoca com alta intensidade de seleção (seleção a curto prazo), verifica-se que os mesmos não diferem dos valores médios das 12 amostras submetidas à seleção recorrente recíproca, após seleção para capacidade de expansão. O mesmo ocorre no Composto N, nas mesmas condições de seleção, como ilustra a Tabela 6. Por essa tabela, fica evidente que os valores médios para capacidade de expansão, no grupo de materiais com seleção a curto prazo, apresentaram-se superiores aos materiais de longo prazo.

Verifica-se que a expansão antes da seleção na variedade Pirapoca, foi maior na população a longo prazo. Já o Composto N, não apresentou diferenças entre as populações de curto e de longo prazo, sendo contudo, superior à variedade Pirapoca em todos os casos.

Após recombinação manual e seleção fenotípica para capacidade de expansão na variedade Pirapoca e no Composto N (seleção a curto prazo), e da seleção massal das mesmas populações para longo prazo, obtiveram-se novos valores para a capacidade de expansão (Tabela 6). As populações de curto prazo foram fortemente modificadas. Observa-se que

o Composto N possui originalmente uma média superior para esse caráter, o que refletiu em uma maior capacidade de expansão selecionada.

As populações de longo prazo provavelmente apresentam seus valores de capacidade de expansão após seleção subestimados. Isso é possível, uma vez que as sementes dessas populações foram submetidas a um reumedecimento prévio, antes das mesmas atingirem a umidade ideal para as determinações.

A condição de reumedecimento embora não seja a ideal, foi necessária, já que todos os tratamentos estavam nas mesmas condições, só afetando o valor absoluto da expansão. Em termos práticos, essa hipótese é comprovada quando compara-se os materiais com SRR para produtividade (curto prazo - Tabela 6) antes da seleção, com a média geral das amostras de seleção a curto prazo, quando da seleção para capacidade de expansão, tanto na variedade Pirapoca, quando no Composto N. Esses valores deveriam ser iguais, já que estimam o mesmo caráter na mesma população, e não o são pelos motivos apresentados.

É evidente a superioridade alcançada pelos materiais a curto prazo, provavelmente devido à possibilidade de recombinação entre as famílias e também ao número razoável de indivíduos, que permitiu a expressão dos genótipos recombinados.

A seleção massal não permite uma estimação de parâmetros genéticos, de modo a possibilitar o cálculo da capacidade de expansão na população recombinação. Mesmo assim, espera-se que grande parte do diferencial de seleção seja incorporado nas populações em equilíbrio, uma vez que esse caráter apresenta faixas de amplitude de herdabilidade em níveis elevados, como constatou GRISSON (1951), variando de 70 a 90%.

5.4. Ensaio comparativo das capacidades de expansão envolvendo as etapas de melhoramentos descritas

Devido ao veranico ocorrido durante o período em que o ensaio de produção esteve instalado (1985/86), o mesmo sofreu um comprometimento sério. Tentou-se analisar esse ensaio com seis (6) repetições ao invés de dez (10), devido ao baixo "stand" final de algumas repetições. Os coeficientes de variação experimentais foram superiores a 35%, o que resultou no descarte completo do ensaio de produção. Entretanto, como o caráter CE é menos influenciado pelo ambiente, foi possível a análise do mesmo (Tabela 8).

Devido à baixa precisão experimental, não se puderam extrair dessas dados informações totalmente seguras;

no entanto, observando-se as médias do caráter nas seis (6) repetições (Tabela 8), verifica-se que existe um padrão de comportamento evidente.

A variedade Pirapoca manteve constante a capacidade de expansão, até o momento em que sofreu uma seleção drástica para produtividade (seleção a curto prazo). A queda de expansão é explicada pela correlação negativa entre esses caracteres. Após seleção para capacidade de expansão, como descrito anteriormente, retorna-se a níveis superiores quanto a esse caráter.

Por outro lado, o Composto N não mostrou alteração na sua expansão, mesmo após seleção intensa para produtividade. É possível que isso se deva a uma maior homogeneidade desse caráter na população em questão. Com a seleção nessa população, obteve-se níveis de capacidade de expansão superiores ao encontrado na variedade Pirapoca.

Esses resultados corroboram com aqueles envolvendo a seleção para capacidade de expansão com as mesmas populações, descritos no item 5.3..

6. CONCLUSÕES

As interpretações dos resultados obtidos nas condições do presente trabalho permitem concluir que:

- a. A SRR para caracteres selecionados no melhoramento a médio e a longo prazo foi eficiente, haja vista que os caracteres selecionados são correlacionados negativamente. Os progressos genéticos quanto a produtividade, situam-se na média dos programas de melhoramento obtidos com as populações de milho normal, selecionados para esse caráter.
- b. A SRR para produtividade (curto prazo), associada à seleção fenotípica de plantas individuais para capacidade de expansão foi eficiente, principalmente quanto ao último caráter. O nível de produtividade estimado foi semelhante ao encontrado nas populações com melhoramento a médio e longo prazo, desconsiderando-se a seleção intensa efetuada para prolificidade nos materiais de melhoramento a curto prazo.

- c. As estimativas de variância genética aditiva para produtividade indicaram que a variedade Pirapoca dispõe de aproximadamente o dobro desse componente, em relação ao Composto Normal. Em vista desse fato, espera-se uma maior dificuldade no melhoramento de produtividade "per se" no Composto Normal.
- d. Em todas as populações, antes e após a seleção para capacidade de expansão, o Composto Normal mostrou-se superior à variedade Pirapoca quanto a esse caráter.
- e. Espera-se que as populações melhoradas para médio e longo prazo continuem possibilitando progressos com os ciclos subsequentes de SRR. Quanto às populações melhoradas a curto prazo, são materiais pelas suas características, interessantes como variedades melhoradas "per se".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, D.E. & CREECH, R.G. Popcorn. In: SPRAGUE, G. F., ed. Corn and corn improvement. 2 ed. Madison, American Society of Agronomy Inc., 1977, p. 385-390.
- BRUNSON, A.M. Popcorn selection for added popping expansion would pay large growers. Year book Agri., U.S. Dept. Agr. Washington, 1931. 16: 441-443.
- BUREN, L.L.; MOCK, J.J.; ANDERSON, I.C. Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. Crop. Sci., Madison, 14: 426-429, 1974.
- CLARY, G.B. A study of the inheritance of popping expansion in popcorn. West Lafayette, 1954. 83 p. (Ph.D. - Purdue Univ.).
- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Experimental designs, 2. ed. New York, John Willey and Sons, 1957. 611 p.

- COLLIER, J.W. Three cycles of reciprocal recurrent selection. In: Fourteenth corn industry research conference, 14., Chicago, 1959. Proc. Ann. Hybrid Corn Wd. Res. Chicago, Amer. Seed Tr. Associ., 1959. p. 12-23.
- COMSTOCK, R.E. & MOLL, R.H. Genotype-environment interaction. In: HANSON, W.D. & ROBINSON, H.F., ed. Statistical Genetics and plant breeding. Washington, National Academy of Sciences-National Research Council, 1963. n. 82, p. 164-196.
- COMSTOCK, R.E. & ROBINSON, H.F. Estimation of average dominance of genes. In: Growen, J.W., ed. Heterosis. Ames, Iowa State College Press, 1952. p. 494-516.
- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F.; HARVEY, P.H. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. Agron. J., Madison, 41: 360-367, 1949.
- CRUMBAKER, D.E.; JOHNSON, I.J.; ELDREDGE, J.C. Inheritance of popping volume and associated characters in crosses between popcorn between popcorn and dent corn. Agron. J., Madison, 41: 207-212, 1949.
- DARRAH, L.L.; EBERHART, S.A.; PENNY, L.H. Six years of maize selection in Kitale II, Ecuador 573, and kitale composite A by use of the comprehensive breeding system. Euphytica, Wageningen, 27: 191-204, 1978.

DOUGLAS, A.G.; COLLIER, J.W.; EL-EBRASHY, M.F.; ROGERS, J.S.

An evaluation of three cycles of reciprocal recurrent selection in a corn improvement program. Crop Sci., Madison, 1: 157-161, 1961.

EAST, E.M. & JONES, D.F. Inbreeding and Oytbreeding. J.B.

Lippincott Co., Philadelphia. 1919. 283 p.

EBERHART, S.A. Factors affecting efficiencies of breeding methods. African Soils, Paris, 15: 669-674, 1970.

EBERHART, S.A.; DEBELA, S.; HALLAUER, A.R. Reciprocal recurrent selection in the BSSS and BSCB1 maize varieties and half-sib selection in BSSS. Crop. Sci., Madison, 13: 451-456, 1973.

GENTER, C.F. & EBERHART, S.A. Performance of original and advanced maize populations and their diallel crosses. Crop. Sci., Madison, 14: 881-885, 1974.

GEVERS, H.O. Reciprocal recurrent selection in maize under two systems of parent selection. In: Genetic Congress, 5., Repub. South Africa, 1974. Proceedings.

HALLAUER, A.R. & EBERHART, S.A. Reciprocal full-sib selection. Crop Sci., Madison, 10: 315-316, 1970.

HALLAUER, A.R. & MIRANDA Filho, J.B. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Ames, Iowa State University Press, 1981. 468 p.

HAYES, H.K. & GARBER, R.J. Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. Agron. J., Madison, 11: 309-318, 1919.

HUELSEN, W.A. & BEMIS, W.P. Artificial drying rehydration of popcorn and their effects in popcorn expansion. Bul.-- Illinois Agric., Urbana, (586), 1955.

HULL, F.H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. J. Am. Agron., Madison, 37: 134-145, 1945.

JENKINS, M.T. the degregation of genes affecting yield of grain in maize. J. Amer. Soc. Agron., Madison, 32: 55-63, 1940.

JOHNSON, I.J. & ELDREDGE, J.C. Performance of recovered popcorn inbred lines derived from outcrosses to dent corn. Agron. J., Madison, 45: 105-110, 1953.

LIMA, M.; ZINSLY, J.R.; VENCovsky, R.; CAMPOS MELLO, M.R. Resultados parciais de um programa de melhoramento do milho pipoca (*Zea mays* L.) visando o aumento da produção, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. Rel. Cient. I. Gen, Piracicaba, 5: 84-93, 1971.

LONNQUIST, J.h. Mass selection for prolificacy on maize.

Der Zuchter, Berlin, 37: 185-188, 1967.

MANGELSDORF, P.C. & SMITH Jr., C.E. New archaeological

evidence on evolution in maize. Bot. Mus. Leaflet. Harvard Univ., Cambridge, 13: 213-247, 1949.

MARTIN, J.M. & HALLAUER, A.R. Seven cycles of reciprocal

recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations. Crop. Sci., Madison, 20: 599-603, 1980.

MOLL, R.H. Quantitative genetics in corn and the

implications to breeding methodology. In: Fourteenth Corn Industry Research Conference, 14, Chicago, 1959.

Proc. Annu. Hybrid Corn Ind. Res. Chicago, Amer. Seed Tr. Assoc., 1959. p. 139-144.

MOLL, R.H. & STUBER, C.W. Comparisons of response to

alternative selection procedures initiated with two populations of maize (*Zea mays* L.). Crop. Sci., Madison, 11: 706-711, 1971.

MOLL, R.H.; COCKERHAM, C.C.; STUBER, C.W.; WILLIAMS, W.P.

Selection responses, genetic-environmental interactions and heterosis with recurrent selection for yield in maize. Crop. Sci., Madison, 18: 641-645, 1978.

PATERNIANI, E. Selection among and within half-sib families in brasilian population of maize (*Zea mays* L.). Crop. Sci., Madison, 7: 212-216, 1967.

PATERNIANI, E. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E., ed. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba, Marprint, 1978. p. 202-256.

PATERNIANI, E. & VENCOVSKY, R. Reciprocal recurrent selection in maize (*Zea mays* L.) based on testcrosses of half-sib families. Maydica, Bergamo, 22: 141-152, 1977.

PATERNIANI, E. & VENCOVSKY, R. Reciprocal recurrent selection based on half-sib progenies and prolific plants in maize (*Zea mays* L.). Maydica, Bergamo, 23: 209-219, 1978.

PENNY, L.H. & EBERHART, S.A. Twenty years of reciprocal recurrent selection with two synthetic varieties of mayze. Crop. Sci., Madison, 11: 900-903, 1971.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 8. ed. São Paulo, Livraria Nobel, 1978. 430 p.

ROBBINS Jr., W.A. & ASHMAN, R.B. Parent-offspring poppine expansion correlations in progeny of dent corn x popcorn and flint corn x popcorn crosses. Crop. Sci., Madison, 24: 119-121, 1984.

- ROBINSON; H.F.; COMSTOCK, R.E.; HARVEY, P.H. Genotypic and phenotypic correlations and corn and their implications in selection. Agron. J., Madison, 43: 282-287, 1951.
- SOUZA Jr., C.L.; GERALDI, I.O.; ZINSLY, J.R. Correlações genéticas e fenotípicas entre seis caracteres da população de milho (*Zea mays* L.) Suwan. Rel. Cient. I. Gen., Piracicaba, 14: 146-152, 1980.
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1960. 481 p.
- THOMAS, W.I. & GRISSON, D.G. Cycle evaluation of reciprocal recurrent selection for popping volume, grain yield, and resistance to root lodging in popcorn. Crop. Sci., Madison, 1: 197-200, 1961.
- THOMPSON, D.L. & HARVEY, P.H. Progress recurrent and reciprocal recurrent selection for yield of corn. Agron. Abstr., Davis, 8: 54-55, 1960.
- WEAVER, B.L. & THOMPSON, A.E. Fifteen generations of selection for improved popping expansion in white hulless popcorn. Bull. Ill. Agric. Exp. Stn., Urbana (616), 1957.

WEBEL, O.D. & LONNQUIST, J.H. An evaluation of modified ear-to-row selection in a population of corn (*Zea mays* L.). Crop. Sci., Madison, 7: 651-655, 1967.

ZINSLY, J.R. & MACHADO, J.A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E., ed. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba, Marprint, 1978. p. 339-348.

ZUBER, M.S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity arial data. J. Amer. Soc. Agron., Madison, 34: 30-47, 1942.

A P Ê N D I C E

TABELA 9. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios-irmãos, variedade Pirapoca - Experimento 1-Ano agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	2.089959
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	1.586711
Total	399	
Teste F (trat. ajustados)	1.150756 ns	-
Eficiência do látice	100.650355	-
Erro efetivo	1.637064	-
Fator de ajuste	0.017453	-
Média geral	2.566171	-
CV Bloco ao acaso	50.021296	-
CV do látice	49.859426	-
SQ. trat. ajust.	180.7659	-

TABELA 10. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios-irmãos, variedade Pirapoca. Experimento 2 - Ano agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	0.774174
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra-blocos	261	0.457288
Total	399	-
Teste F (Trat. ajust.)	1.337575 *	-
Eficiência do látice	102.510035	-
Erro efetivo	0.483561	-
Fator de ajuste	0.031599	-
Média geral	2.938336	-
CV bloco ao acaso	23.961131	-
CV do látice	23.665960	-
SQ. trat. ajust.	60.5541	-

TABELA 11. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios-irmãos, variedade Pirapoca - Experimento 3 - Ano agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	0.796658
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	0.313778
Total	399	0.313778
Teste F (trat. ajust.)	1.452469**	-
Eficiência do látice	108.649837	-
Erro efetivo	0.342669	-
Fator de ajuste	0.050640	-
Média geral	3.018332	-
CV bloco ao acaso	20.215515	-
CV do látice	19.394128	-
SQ. trat. ajust.	45.1198	-

TABELA 12. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios irmãos, variedade Pirapoca - Experimento 4 - Ano agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	0.655367
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intrablocos	261	0.303321
Total	399	-
Teste F (trat. ajustados)	1.265025 ns	-
Eficiência do látice	105.685992	-
Erro efetivo	0.327378	-
Fator de ajuste	0.043622	-
Média geral	3.114549	-
CV bloco ao acaso	18.885943	-
CV do látice	18.370880	-
SQ. trat. ajust.	37.9871	-

TABELA 13. Análise de variância de látice 10 x 10 simples
 duplicado de "top cross" de famílias de meios
 irmãos, variedade Pirapoca - Experimento 5-
 Ano agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	0.745392
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	0.255168
Total	399	-
Teste F (trat. ajustados)	1.913382**	-
Eficiência do látice	111.865490	-
Erro efetivo	0.281221	-
Fator de ajuste	0.056155	-
Média geral	2.980453	-
CV bloco ao acaso	18.945834	-
CV do látice	17.912890	-
SQ. trat. ajust.	48.3351	-

TABELA 14. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios irmãos, Composto N - Experimento 6 - Ano Agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	~
Blocos de rep. ajust.	36	0.616235
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	0.319205
Total	399	-
Teste F (trat. ajustados)	1.303362 ns	-
Eficiência do látice	104.037208	-
Erro efetivo	0.341424	-
Fator de ajuste	0.038285	-
Média geral	3.034604	-
CV bloco ao acaso	19.639915	-
CV. do látice	19.255077	-
SQ. trat. ajust.	41.1879	-

TABELA 15. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios-irmãos, Composto N - Experimento 7 - Ano Agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	2.029926
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	0.589522
Total	399	-
Teste F (trat. ajustados)	1.014814 ns	-
Eficiência do látice	116.492562	-
Erro efetivo	0.655936	-
Fator de ajuste	0.061961	-
Média geral	3.107744	-
CV bloco ao acaso	28.127725	-
CV do látice	26.060666	-
SQ. trat. ajust.	59.2273	-

TABELA 16. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios-irmãos, Composto N - Experimento 8 - Ano agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	0.682648
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	0.313713
Total	399	-
Teste F (trat. ajustados)	1.368028 *	-
Eficiência do látice	105.801021	-
Erro efetivo	0.338780	-
Fator de ajuste	0.043946	-
Média geral	2.771572	-
CV bloco ao acaso	21.601195	-
CV do látice	21.000655	-
SQ. trat. ajust.	42.4877	-

TABELA 17. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios-irmãos, Composto N - Experimento 9 - Ano agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	-
Trat. não ajust.	99	-
Blocos de rep. ajust.	36	1.116754
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	0.631781
Total	399	-
Teste F (trat. ajustados)	1.167138 ns	-
Eficiência do látice	102.967117	-
Erro efetivo	0.670666	-
Fator de ajuste	0.033851	-
Média geral	3.055008	-
CV bloco ao acaso	27.201337	-
CV do látice	26.806553	-
SQ. trat. ajust.	73.0002	-

TABELA 18. Análise de variância de látice 10 x 10 simples duplicado de "top cross" de famílias de meios-irmãos, Composto N - Experimento 10 - Ano Agrícola 1984/85.

F. de variação	G.L.	Q.M.
Repetições	3	- -
Trat. não ajust.	99	- -
Blocos de rep. ajust.	36	1.599922
Componente A	18	-
Componente B	18	-
Erro intra blocos	261	1.410791
Total	399	-
Teste F (trat. ajustados)	1.296010 ns	-
Eficiência do látice	100.131354	-
Erro efetivo	1.431836	-
Fator de ajuste	0.008204	-
Média geral	3.312100	-
CV bloco ao acaso	36.151653	-
CV do látice	36.127933	-
SQ. trat. ajust.	181.0117	-