

MARCELO ABDON LIRA

**SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIAS DE MEIO-IRMÃOS PARA  
PRODUÇÃO E CAPACIDADE DE EXPANSÃO E CORRELAÇÕES ENTRE  
ALGUNS CARACTERES EM MILHO PIPOCA (*Zea mays* L.)**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Agronomia, concentração em Fitotecnia, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS


LAVRAS - MINAS GERAIS

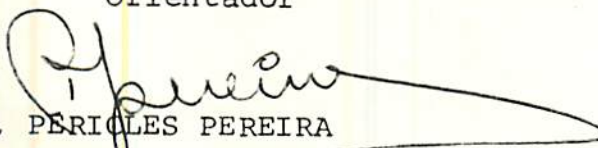
1 9 8 3




SELEÇÃO ENTRE E DENTRO DE FAMÍLIAS DE MEIO-IRMÃOS PARA PRODUÇÃO E  
CAPACIDADE DE EXPANSÃO E CORRELAÇÕES ENTRE ALGUNS CARACTERES EM  
MILHO PIPOCA (*Zea mays* L.)

APROVADA :

  
PROF. LUIZ CARLOS DE SOUSA BUENO  
Orientador

  
PROF. PÉRICLES PEREIRA  
Co-Orientador

  
PROF. JOÃO BOSCO DOS SANTOS  
Conselheiro

À memória de meus avós  
e à do colega Gilmário  
HOMENAGEM

Aos meus pais e irmãos  
aos meus sogros e cunhados  
à minha esposa Telma  
à minha filha Natália

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, pela oportunidade oferecida e apoio na realização do curso.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN, pelo apoio e incentivo.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura, pelos ensinamentos e oportunidade concedida para a realização deste curso.

Aos professores Luiz Carlos de Sousa Bueno e Péricles Pereira, pela orientação, sugestões e amizade dispensadas durante a realização do curso.

Ao professor João Bosco dos Santos, pelas sugestões.

Ao professor Paulo César Lima, pela orientação na análise estatística dos dados, e a todos os professores do Curso, pelos ensinamentos.

Aos pesquisadores Ricardo Magnavaca, Ronaldo Torres Viana e Elto E. Gomes e Gama do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA, pela consideração, valiosas críticas e sugestões apresentadas.

Ao pessoal de campo, pela ajuda prestada.

Aos colegas Manoel Leonel Neto e João Maria Pinheiro de Lima, pelo incentivo, amizade e convívio e aos demais colegas, pelo companheirismo.

A minha esposa Telma, pelo apoio, carinho e compreensão.

Aos meus pais Otacílio e Amariles, por tudo que fizeram por mim.

Enfim a Deus, por tudo.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

MARCELO ABDON LIRA, filho de Otacílio da Costa Lira e Amáreles Abdon Lira, nasceu em Nova Cruz, Estado do Rio Grande do Norte aos 8 dias do mês de abril de 1952.

Graduou-se Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, em 21 de julho de 1978.

Em outubro de 1978, iniciou suas atividades profissionais no Instituto Nordestino para o Fomento de Algodão e Oleaginosas - INFAOL, como responsável pelo Projeto de Melhoramento e Produção de Semente Básica em Algodão Arbóreo (Parelhas - RN).

Em junho de 1979, ingressou na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), na Unidade de Execução e Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE), de Caicó - RN, para desenvolver pesquisas com algodão arbóreo.

Em março de 1981, ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, no Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fitotecnia.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1.
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4.
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	13.
3.1. Material .....	13.
3.2. Métodos .....	13.
3.2.1. Método de melhoramento .....	13.
3.2.2. Procedimentos experimentais.....	15.
3.2.3. Análises estatísticas .....	18.
3.2.4. Estimativas de parâmetros genéticos.....	19.
3.2.5. Cálculos das correlações fenotípicas, genéti - cas e de ambiente.....	23.
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26.
4.1. Análises estatísticas .....	26.
4.2. Estimativas de parâmetros genéticos.....	29.
4.2.1. Produção de grãos .....	29.
4.2.2. Capacidade de expansão .....	34.



4.3. Correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente .....	37 .
5. CONCLUSÕES .....	41 .
6. RESUMO .....	43 .
7. SUMMARY .....	46 .
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49 .
APÊNDICE .....	57 .

## LISTA DE QUADROS

QUADRO		Página
1	Resumo da análise de variância do delineamento "lattice" triplo 10 x 10 e esperanças dos quadrados médios a nível de totais de parcelas e de indivíduos .....	19
2	Resumo da análise de variância do "lattice" triplo 10 x 10, para sete caracteres do ensaio nº 1, com 96 progênies de meio-irmãos e quatro variedades de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83 .....	27
3	Resumo da análise de variância do "lattice" triplo 10 x 10, para sete caracteres do ensaio nº 2, com 96 progênies de meio-irmãos e quatro variedades de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83 .....	28

## QUADRO

4	Produtividade média de 192 progênes de meio-irmãos de milho pipoca, das testemunhas e da amostra selecionada. ESAL - Lavras, MG, 1982/83.....	30
5	Valor médio da capacidade de expansão das 192 progênes de meio-irmãos de milho pipoca, das testemunhas e da amostra selecionada. ESAL - Lavras, MG, 1982/83.....	30
6	Estimativas ao nível de plantas, da variância entre famílias de meio-irmãos ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ), variância do erro ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), variância fenotípica dentro de progênes ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), coeficiente de variação genética e das herdabilidades no sentido restrito (entre) e dentro para o caráter produção de grãos numa população de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83.....	31
7	Progresso esperado com a seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos, para produção de grãos em uma população de milho pipoca. ESAL - Lavras, MG, 1982/83 .....	33
8	Estimativas ao nível de plantas, da variância entre famílias de meio-irmãos ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ), variância do erro ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), variância fenotípica den -	

## QUADRO

## Página

	tro de progênies ( $\sigma_d^2$ ), coeficiente de variação genética e das herdabilidades no sentido restrito (entre) e dentro para o caráter capacidade de expansão numa população de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83 .....	35
9	Progresso esperado com a seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para capacidade de expansão em uma população de milho pipoca . ESAL- Lavras, MG, 1982/83.....	36
10	Coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ) , de ambiente ( $r_E$ ) e genética ( $r_G$ ), correspondente às combinações dos sete caracteres estudados. ESAL- Lavras, MG, 1982/83 .....	38

## 1. INTRODUÇÃO

O milho pipoca, um dos tipos pertencentes à espécie *Zea mays* L. tem como principal característica a capacidade de expansão. Sua origem é bastante discutida, mas pode afirmar-se que já era conhecido e cultivado pelos indígenas muito antes do descobrimento das Américas (27, 29). Todavia, de acordo com Brunson e Smith, citados por MEZZACAPPA (29), o milho pipoca passou a ter interesse comercial nos Estados Unidos, somente a partir de 1890, com o invento de máquinas elétricas para o pipocamento, aumentando-se com isto, tanto a produção quanto o consumo.

No Brasil, o consumo de milho pipoca ainda é muito baixo, uma vez que as variedades disponíveis no mercado brasileiro têm baixa capacidade de expansão, ao redor de 12, caracterizando-se pela dureza excessiva, que constitui principal motivo do baixo consumo (35).

Diversos autores (21, 22, 26, 49) têm verificado a exis-

tência de correlação negativa entre produtividade e capacidade de expansão. Como o melhoramento dessa cultura deve apoiar-se no interesse do produtor e do consumidor, deve trabalhar-se no sentido de obter-se uma variedade melhorada com boa capacidade de expansão e produtividade satisfatória.

É importante que o melhorista conheça o tipo de herança das características que procura melhorar. A capacidade de expansão parece ser uma característica de herança quantitativa, conforme se vê pela variabilidade em espigas individuais dentro de uma variedade de polinização aberta e a distribuição de frequência caracteristicamente normal (4, 5). Em espécies de polinização cruzada, com grande variabilidade para determinado caráter, pode esperar-se considerável progresso com a seleção, como os obtidos por WOODWORTH et alii (47) para modificações na composição química das cariopses de milho e PENA NETO et alii (35) para a produtividade em milho pipoca, são trabalhos, entre inúmeros, que comprovam tal afirmativa.

A ampla variabilidade genética existente nas variedades de polinização aberta de milho pipoca conduz à hipótese de que há possibilidade de selecionar-se material com alta capacidade de expansão e produtividade satisfatória.

Os objetivos deste trabalho foram :

1. Estimar parâmetros genéticos para a produção de grãos e capacidade de expansão em uma população de milho pipoca.

2. Estimar o progresso genético esperado com seleção pa-

ra produção de grãos e capacidade de expansão em progênes de meio-irmãos.

3. Calcular os coeficientes de correlação fenotípica, genética e de ambiente, a fim de determinar o grau de associação entre as sete características avaliadas.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Os métodos de melhoramento aplicáveis à cultura do milho passaram por diversas fases distintas, cada um caracterizado pelo grau de conhecimentos técnicos da época (34,46).

Os métodos de seleção massal e espiga-por-fileira foram testados experimentalmente, no começo do século, com relativo sucesso para caracteres de alta herdabilidade e pouco afetados pelas variações ambientais. Entretanto, para caracteres muito influenciados, como a produção de grãos, os resultados obtidos foram desapontadores e ambos os métodos foram praticamente abandonados, segundo PATERNIANI (34).

As razões para ineficiência desses métodos foram atribuídas a: (1) falhas em identificar genótipos superiores, tanto pelo aspecto fenotípico de plantas individuais como de progênes ; (2) seleção muito rigorosa em pequenas populações, associada a erros de amostragem, conduzindo à endogamia e perda de vigor ;



(3) polinização completamente descontrolada; (4) falta de variabilidade genética aditiva (16). Trabalhos mais recentes têm confirmado, entretanto, a existência de elevada quantidade de variância genética aditiva em variedades de polinização livre de milho sendo esta maior do que a variância genética de dominância, no que diz respeito à produtividade e outros caracteres agrônomicos (46). Isto sugere que as falhas dos métodos usados até então, deveram-se às razões contidas nos itens 1, 2 e 3, mencionados anteriormente. Uma reavaliação desses métodos levou à seleção massal estratificada, e à seleção espiga-por-fileira-modificada. Para este último método, PATERNIANI (34) propôs a denominação de seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos.

Diversos trabalhos com a utilização do método de seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção de grãos, foram desenvolvidos com resultados satisfatórios.

PATERNIANI (34), quando submeteu a variedade de milho Dente Paulista a três ciclos de seleção, utilizando o método de seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos, obteve um progresso genético de 13,6% por ciclo, indicando substancial presença de variância genética aditiva. A mesma variedade quando submetida à seleção recorrente para capacidade geral de combinação, apresentou ao final de um ciclo de cinco anos um ganho de produtividade de 30% ou seja, 6% por ano (33).

Empregando seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos ZINSLY (48) observou um ganho médio por ciclo (um ano), com três populações de milho, da ordem de 13,8%, sendo 5,9% devi

dos à seleção entre e 7,9% à seleção dentro. LEZCANO (18), estudando o composto flint branco, relata um ganho com o mesmo método de seleção da ordem de 9,4 g/planta, sendo 6,1 g/planta devido à seleção entre e 3,3 g/planta à seleção dentro. O autor considerou que o coeficiente de variação genética (6,8%) indicou variabilidade satisfatória, mostrando boas possibilidades para progressos subseqüentes, enquanto a herdabilidade no sentido restrito foi de 15,94%, sendo considerada razoável, pelo autor, para o caráter, que é muito influenciado pelas condições ambientais.

LIMA & PATERNIANI (20) após um ciclo de seleção massal e três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos em uma população de milho de ampla base genética, conseguiram uma população melhorada que apresentava elevada produtividade e bom comportamento agrônomo. O progresso médio esperado e observado por ciclo de seleção foi de 8,15% e 10,80%, respectivamente.

WINKLER (46), avaliando uma população de ampla base genética denominada composto dentado branco, estimou o coeficiente de variação genética em 5,6%, o progresso esperado para o primeiro ciclo foi estimado em 6,16%, sendo 4,34% devidos à seleção entre e 1,82% à seleção dentro. A herdabilidade no sentido restrito foi de 6,47%, considerada baixa. Este resultado evidencia a acentuada influência ambiental sobre a produção de grãos.

CRISÓSTOMO & ZINSLY (9), em dois compostos de milho, estimaram a herdabilidade no sentido restrito para produção de grãos em 10,93% e 13,61%. Os valores do coeficiente de variação

genética, em ambos os compostos (5,6% e 6,3%), foram considerados razoáveis para a aplicação do método de seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos.

O valor do milho pipoca como cultura depende muito de sua qualidade, que é determinada pela capacidade de expansão (C.E.) e maciez, que são altamente correlacionadas.

A capacidade de expansão é definida pela relação entre volume de pipoca (grãos estourados) e volume de grãos e, para fins comerciais, deve situar-se acima de 15, de acordo com ZINSLY & MACHADO (49).

BRUNSON (5) verificou que a capacidade de expansão é função direta da maturidade fisiológica da semente e de efeito genético que condicionam um endosperma duro e elástico. Pode ainda ressaltar-se que a capacidade de expansão, de acordo com Duncan, citado por MEZZACAPPA (29), é afetada pela percentagem de amido mole, pragas e doenças, percentagem de umidade, tamanho do grão e temperatura. Segundo Eldredge e Lyerly, citados por MEZZACAPPA (29), um dos fatores mais importantes é a percentagem de umidade dos grãos, uma vez que ela pode ser afetada pelas condições de armazenamento e pela estação do ano.

As informações sobre o tipo de herança para capacidade de expansão são escassas na literatura. Segundo ALEXANDER & CREECH (2), existem evidências de que o caráter é poligênico e que a seleção pode proporcionar melhoramento.

Grisson, citado por ALEXANDER & CREECH (2), determinou

que a herdabilidade para a capacidade de expansão é 70%. Estimativa ainda mais alta, de 90%, foi constatada por Clary, também citado pelos mesmos autores (2). Esses resultados mostram a possibilidade de se obterem progressos genéticos através de métodos simples de seleção, como a seleção massal estratificada e o método de seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos.

A correlação mede a associação entre dois caracteres. É importante porque mostra como a seleção para um determinado caráter pode alterar outro indiretamente, constituindo-se portanto numa alternativa para ganhar tempo em um programa de melhoramento genético (14).

Em estudos genéticos é importante distinguir as causas de correlação (10). A correlação fenotípica, quando obtida a partir de fenótipos é aquela que se observa no campo (44), portanto sujeita a erros, já que sua expressão é composta de uma parte genética, e outra ambiental (14). A correlação genética, que é determinada, principalmente pela pleiotropia ou por falta de equilíbrio de ligação (44). Segundo FALCONER (10) a ligação gênica é uma causa transitória de correlações, especialmente, em populações originadas de cruzamentos entre materiais divergentes. O ambiente, por sua vez, é uma causa de correlação, desde que os caracteres sejam influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. A correlação resultante de causas ambientais é o efeito total de todos os fatores variáveis de ambiente, sendo que alguns tendem a causar uma correlação positiva e outros negativa (10).

Como já foi mencionado, a correlação genética e a de ambiente se combinam para dar a correlação fenotípica. Se ambos os caracteres têm baixa herdabilidade, então a correlação fenotípica é determinada, principalmente, pela correlação de ambiente. Se eles têm alta herdabilidade, então a correlação genética é a mais importante (10).

No milho pipoca a capacidade de expansão e produção de grãos são os caracteres mais estudados pelos melhoristas. Infelizmente, eles se mostram negativamente correlacionados entre si, na maioria dos trabalhos, de modo que, ao se selecionar para alta capacidade de expansão é provável ter-se um produto com baixa produtividade (5, 6, 21, 22, 26, 49). Entretanto, MEZZACAPPA (28), trabalhando com variedades e híbridos de milho pipoca, obteve correlação fenotípica baixa e positiva entre a capacidade de expansão e produção de grãos. Correlação também positiva foi encontrada por LIMA et alii (21), em uma população de milho pipoca branco, após um ciclo de seleção massal, para produção de grãos e capacidade de expansão.

VERMA & SINGH (45) verificaram que a capacidade de expansão de milho pipoca correlacionou-se negativamente com número de dias do plantio ao embonecamento, altura da planta e da espiga, circunferência da espiga e peso de 100 grãos.

Em milho, os caracteres que mais se relacionam diretamente com a produção de grãos, na maioria dos trabalhos são : diâmetro médio do colmo, peso de 100 grãos, altura da planta e da primeira espiga, prolificidade, área foliar, comprimento e diâmetro

tro da espiga, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por fileira. Altura da planta e da espiga, área foliar e diâmetro médio do colmo são os que apresentam maior grau de correlação positiva com a produção de grãos, segundo SCHRAMM & HEIDRICH SOBRINHO (38).

Lonnquist e Castro, citados por ACOSTA & CRANE (1), mostraram que existe uma correlação positiva entre altura da espiga e produção de grãos, isto é, à medida que selecionavam-se genótipos com maior altura da espiga, havia um incremento na produção de grãos de milho.

A influência da altura da espiga na produtividade ficou bem clara no trabalho de ACOSTA & CRANE (1) que, estudando duas populações de milho, em quatro ciclos de seleção para diminuição da altura da espiga verificaram decréscimo de 25% numa população e 23% em outra. A produtividade diminuiu 30,5% numa população e 18,8% na outra. Mais recentemente, VERMA & SINGH (45), em populações e híbridos de milho pipoca, verificaram que a produção de grãos foi correlacionada fenotípica e positivamente com altura da espiga e altura da planta. Por outro lado, MOLL & ROBINSON (32) e LIMA & PATERNIANI (19) constataram ausência de correlação entre produção de grãos e altura da espiga e/ou planta. Segundo os autores, tais correlações parece variável de acordo com a constituição genética do material.

Com relação ao diâmetro médio da base do colmo e as suas correlações com outros caracteres as informações com milho pipoca parecem ser inexistentes. Mesmo em milho comum são raras, se-

gundo PEREIRA (36). TAVARES & ZINSLY (42) estudando o diâmetro da base do colmo em duas populações de milho e em seus  $F_1$ 'S, encontraram boa correlação entre esse caráter e a produtividade. PEREIRA (36) encontrou altos coeficientes de correlação fenotípica e genotípica entre este caráter e a produção de grãos e ainda com a altura da planta e altura da espiga. O autor, citando Duncan, ressalta a importância do diâmetro médio do colmo, como sendo um órgão de reserva de açúcar, que, sob certas condições, pode ser translocado para manter o crescimento do peso do grão. Nessas condições, portanto, a associação deste caráter com a produtividade deverá ser maior.

A altura da planta do milho, além de estar correlacionada com a produção de grãos (23, 36, 38) pode influir na altura da espiga. Correlações fenotípicas e genéticas aditivas, positivas e elevadas foram observadas entre altura da planta e da espiga por diversos autores (3, 13, 40, 43), mostrando assim possibilidade de se melhorar um desses caracteres por seleção praticada no outro e facilitando, dessa maneira, os resultados do melhoramento.

A prolificidade é também um dos mais importantes componentes da produtividade e ultimamente tem sido muito estudada. LONNQUIST (24), através de seleção massal para prolificidade na variedade Hays Golden, obteve um ganho de 6,28% na produção de grãos, nas primeiras cinco gerações. Correlacionando diversos caracteres agronômicos importantes para a cultura do milho, QUEIROZ (37) mostrou ser a prolificidade um caráter de grande significan

cia no aumento da produtividade.

Outros trabalhos corroboram os resultados mencionados sobre prolificidade. PEREIRA (36) verificou alta correlação entre prolificidade e produção de grãos. SOUZA Jr. et alii (40) encontraram correlação genética aditiva entre prolificidade e produção de grãos igual a 0,941. No entanto, SEGOVIA (39), em estudo através da seleção massal em ambos os sexos para prolificidade em milho, observou correlação fenotípica média ( $r_F=0,38$ ) entre esse caráter e produção de grãos.

Como a prolificidade está correlacionada com a produtividade e outros caracteres agrônômicos desejáveis, poderá ser usada eficientemente para a obtenção de melhores variedades de milho.



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

As progênies avaliadas neste trabalho foram obtidas de uma população de polinização aberta de milho pipoca, cultivada e comercializada na região de Lavras, Minas Gerais. Esta população se caracteriza, conforme foi observada, por apresentar ampla variabilidade genética para a maioria dos caracteres de importância econômica da cultura, tais como a capacidade de expansão, tamanho e formato de grãos, altura da planta, prolificidade, produção e cor do endosperma (variando do amarelo ao alaranjado).

#### 3.2. Métodos

##### 3.2.1. Método de Melhoramento

O método empregado foi o de seleção entre e dentro de

famílias de meio-irmãos, proposto por LONNQUIST (25) e PATERNIANI (34) pela relativa simplicidade de execução e grande êxito na sua utilização em populações de polinização aberta de milho.

Uma amostra da população original foi plantada no ano agrícola 1981/82 em campo isolado de outra cultura de milho, na área experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras. O espaçamento foi de 1,0m entre linhas e 0,20m, entre plantas, colocando-se duas sementes por cova, restando, após o desbaste, apenas uma planta por cova.

Na época da colheita foram selecionadas 192 plantas, baseando-se principalmente na sanidade, acamamento, prolificidade e produção. As espigas provenientes de cada planta foram mantidas separadas e identificadas como progênies ou famílias de meio-irmãos.

Neste trabalho um ciclo de seleção se completará em dois anos, porquanto no primeiro ano foi praticada apenas a avaliação e seleção entre progênies. A seleção dentro será efetivada no ano seguinte por ocasião da recombinação entre as progênies selecionadas, em campo isolado de outra cultura de milho, no qual cada progênie será despendoada e constituirá numa linha receptora de pólen. As linhas polinizadoras serão constituídas pela mistura de igual número de sementes de cada uma das progênies selecionadas. Serão semeadas três linhas receptoras para cada linha polinizadora, devendo nas primeiras serem selecionadas 10% das plantas que darão origem a novas famílias ou progênies de meio-irmãos a serem avaliadas no ano seguinte.

### 3.2.2. Procedimentos experimentais

As progênies selecionadas foram divididas em dois grupos de 96 e colocadas juntamente com quatro testemunhas em dois ensaios. Utilizou-se o delineamento "lattice" 10 x 10 com três repetições, instalados na área experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras, em 19 de outubro do ano agrícola 1982/83. Uma das quatro testemunhas foi a população original e as três restantes variedades de milho pipoca adquiridas no comércio de Lavras - MG.

As parcelas foram constituídas por uma fileira de 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,80 metros, com área útil de 4 m<sup>2</sup>. Na sementeira, as sementes, em número de quatro, foram dispostas em covas distanciadas de 0,50 metros, dentro da fileira. Aos 25 dias após a emergência foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas por cova, resultando uma população de 50.000 plantas/ha. Usaram-se como bordadura, em torno de dois ensaios, plantas da população original.

Efetou-se adubação N P K, na fórmula 60-60-30 por hectare, sendo um terço do nitrogênio aplicado no plantio e o restante em cobertura, logo após o desbaste. Não foi necessário o uso de corretivos de acordo com os resultados obtidos com a análise de solo.

Aplicaram-se três pulverizações com Carvin-85 PM para combater a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), na dosagem de 20 gramas do produto para 20 litros de água, espaçadas de

10 em 10 dias, a partir dos 10 dias após a emergência. Os demais tratamentos foram os normais para a cultura.

As características avaliadas foram a produção de grãos (kg), capacidade de expansão, altura da planta (m), altura de inserção da primeira espiga (m), diâmetro médio do colmo (cm), prolificidade (número médio de espiga/planta), peso de 100 grãos (g) e número total de plantas por parcela para correção da produção.

Foram anotadas as alturas da planta, da espiga e diâmetro médio do colmo, em 10 plantas competitivas na parcela. A medida da altura da planta foi tomada do nível do solo até a base da folha bandeira. A altura da espiga foi obtida do nível do solo à base da inserção da espiga superior. Para o diâmetro médio do colmo a medição foi feita na parte mediana do terceiro entrenó a contar do nível do solo.

Quanto aos demais caracteres, as anotações foram determinadas após a colheita do experimento (feitas por parcela).

A prolificidade foi obtida dividindo o número de espigas por parcela pelo número de plantas por parcela. A produção de grãos foi determinada por meio da pesagem dos grãos após a eliminação do sabugo. Determinou-se também o peso de 100 grãos com amostras de cada parcela.

A capacidade de expansão foi determinada em laboratório, de acordo com o método recomendado por BRUNSON (5, 6), em que se empregaram duas provetas graduadas. Utilizou-se sempre o volu

me padrão de 30 cm<sup>3</sup> de grãos. Imediatamente antes da medição do volume de pipoca (grãos estourados) uma ligeira compactação foi realizada com pequeno disco de madeira, com a finalidade de diminuir os espaços existentes, assim obtendo-se um volume mais próximo do real.

A produção de grãos, capacidade de expansão e peso de 100 grãos de cada parcela foram ajustados para umidade constante de 12,5%, antes da análise estatística. Devido às falhas ou variações de "stand" os dados de produção de grãos foram ainda corrigidos para o "stand" ideal, ou seja, 20 plantas por parcela, utilizando-se a seguinte fórmula de ZUBER (50):

$$P_{cc} = P_c \cdot \frac{H - 0,3 F}{H - F}$$

Onde :  $P_{cc}$  = peso de campo corrigido para "stand" ( 20 plantas/parcela)

$P_c$  = peso de campo antes da correção

$H$  = número ideal de plantas por parcela ( 20 plantas)

$F$  = número de falhas ou número de plantas perdidas por parcela

Esse ajuste em função das falhas, acrescenta 0,7 da produção média por planta para cada planta perdida, e considera que a fração restante (0,3) é recuperada pelo aumento da produtividade de das plantas próximas às falhas.

## 3.2.3. Análises estatísticas

As análises de variância foram realizadas segundo o delineamento "lattice" triplo 10 x 10, conforme o método geral apresentado por COCHRAN & COX (7), e baseada no seguinte modelo matemático :

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_{jk} + r_k + e_{ijk}$$

Onde :  $Y_{ijk}$  = Observação do tratamento  $i$ , no bloco  $j$  e repetição  $k$

$m$  = média geral da população

$t_i$  = efeito do tratamento  $i$ ,  $i=1,2,\dots,\dots,\dots$ ,  
 $a(a=100)$

$b_{jk}$  = efeito do bloco  $j$ , dentro da repetição  $k$ ,  
 $j=1,2,\dots, p(p=10)$

$r_k$  = efeito da repetição  $k$ ,  $k=1,2,3,\dots,r(r=3)$

$e_{ijk}$  = erro experimental

$e_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma e^2)$

NID = normal e independentemente distribuído

$\sigma e^2$  = componente da variância devido ao erro experimental

O efeito de tratamentos foi considerado aleatório.

Na análise combinada dos dois ensaios, para cada característica estudada, efetuou-se o somatório das somas de quadrados para tratamentos ajustados e também do resíduo intrabloco, dividindo-os pelos respectivos somatórios dos graus de liberdade.

## 3.2.4. Estimativas de parâmetros genéticos

Os parâmetros genéticos foram estimados para produção de grãos e capacidade de expansão levando em consideração os componentes de variância ao nível de parcelas e ao nível de indivíduos. As esperanças matemáticas foram estimadas conforme VENCOSKY (44), obedecendo ao esquema apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Resumo da análise de variância do delineamento "lattice" triplo 10 x 10 e esperanças dos quadrados médios a nível de totais de parcelas e de indivíduos.

C.V.	G.L.	Q.M.	Esperanças de Q.M.	
			ao nível de parcelas	ao nível de indivíduos
Tratamentos ajustados	99	Q <sub>1</sub>	$\hat{\sigma}_{e'}^2 + r\sigma_{p'}^2$	$n\hat{\sigma}_d^2 + n^2\hat{\sigma}_e^2 + nr\sigma_p^2$
Resíduo intrabloco	171	Q <sub>2</sub>	$\hat{\sigma}_{e'}^2$	$n\hat{\sigma}_d^2 + n^2\hat{\sigma}_e^2$

Onde : r = número de repetições

Q<sub>1</sub> = quadrado médio de progênies

Q<sub>2</sub> = quadrado médio do resíduo intrabloco

$\hat{\sigma}_{e'}^2$  = variância ambiental entre parcelas ao nível de totais

$\hat{\sigma}_{p'}^2$  = variância genética entre progênies de meio-irmãos ao nível de totais de parcela

n = número de plantas por parcela

$\hat{\sigma}_d^2$  = variância entre plantas, dentro de parcelas

$\sigma_e^2$  = variância ambiental entre parcelas ao nível de planta

$\sigma_p^2$  = variância genética entre progênes de meio-irmãos ao nível de plantas

A variância entre progênes de meio-irmãos foi estimada ao nível de parcelas e de plantas individuais, conforme indicações de Vencovsky, citado por WINKLER (46).

$$\hat{\sigma}_{p'}^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r} \quad (\text{ao nível de parcelas})$$

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{\hat{\sigma}_{p'}^2}{n^2} \quad (\text{ao nível de plantas})$$

Estimando variância entre progênie de meio-irmãos ( $\hat{\sigma}_{p'}^2$ ), calcula-se o coeficiente de variação genética, pela seguinte fórmula :

$$\text{C.V. gen} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_{p'}^2}}{\bar{X}_{\text{pop}}} \times 100$$

Em que  $\bar{X}_{\text{pop}}$  = média da população com base em totais de parcelas

A variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ) foi calculada usando a variância entre progênes de meio-irmãos, de acordo com COMSTOCK & ROBINSON (8).

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4 \hat{\sigma}_p^2 = \frac{4 \hat{\sigma}_{p'}^2}{n^2} = \frac{4 (Q_1 - Q_2)}{r n^2}$$



Onde :  $\hat{\sigma}_A^2$  = estimativa da variância genética aditiva

Para a capacidade de expansão e produção de grãos não foi possível separar a variância entre plantas dentro de parcela ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) da variância entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ). Em tais casos, diversos autores (19, 30, 41, 48), têm usado esta relação.

$$t = \frac{\hat{\sigma}_d^2}{\hat{\sigma}_e^2} = 10$$

Em ensaios com populações de milho conduzidos pelo Departamento de Genética da ESALQ, segundo MIRANDA FILHO (30), esta relação tem apresentado valores entre 5 a 10. Assim, neste trabalho, foi considerado que a estimativa de ( $\hat{\sigma}_d^2$ ) deve estar próxima dos valores obtidos com  $t=10$ . As estimativas foram obtidas pela fórmula (46) :

$$\hat{\sigma}_d^2 = \frac{10 \cdot Q_2}{10n+n^2}$$

Dois tipos de herdabilidade foram estimados conforme VENCOSKY (44). O primeiro refere-se à seleção entre progênie de meio-irmãos, sendo obtido por :

$$\hat{h}_r^2 = \frac{4 \hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_F^2}$$

Onde :

$$\hat{\sigma}_p^2 = 1/4 \hat{\sigma}_A^2$$

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_p^2$$

O segundo tipo refere-se à seleção dentro de progênies de meio-irmãos, sendo obtido por :

$$\hat{h}_d^2 = \frac{3 \hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_d^2} = \frac{3/4 \hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}, \text{ pois dentro destas progênies, têm-se só } 3/4 \text{ de } \hat{\sigma}_A^2 \text{ (44).}$$

Na seleção entre e dentro de progênies de meio-irmãos com uso de sementes remanescentes, cada ciclo de seleção dura dois anos. O progresso genético esperado foi estimado conforme o modelo sugerido por Robinson e Cocherhan e adaptado por VENCOVSKY (44), segundo a seguinte expressão :

$$\Delta g = \frac{K_1 \frac{1}{4} \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{m}}} + \frac{K_2 \frac{3}{8} \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}}$$

Onde :  $\Delta g$  = progresso genético esperado

$K_1$  = constante que depende da intensidade de seleção aplicada às progênies avaliadas

$K_2$  = constante que depende da intensidade de seleção dentro das famílias avaliadas

O termo da equação que contém a constante  $K_1$  diz respeito à seleção praticada entre progênies de meio-irmãos, enquanto o que contém a constante  $K_2$  corresponde à seleção de plantas dentro de progênies. As constantes  $K_1$  e  $K_2$  são calculadas com o auxílio de tabelas indicadas por FISHER & YATES (11).

Na seleção entre progênies de meio-irmãos, alguns aspectos devem ser considerados, como produção de grãos, capacidade

de expansão, altura da espiga, etc. Isto leva a uma seleção não truncada, ou seja, quando a percentagem de indivíduos selecionados nem sempre é superior para uma dada característica. Quando este tipo de seleção ocorre, é mais recomendável para o cálculo do progresso esperado a utilização do diferencial de seleção (18). Desta maneira a contribuição entre progênies selecionadas é calculada através da fórmula :

$$\Delta_g = \frac{d_s \cdot \frac{1}{4} \cdot \hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_F^2}$$

$$\text{Onde : } d_s = \frac{\bar{X}_s - \bar{X}_{\text{pop}}}{n}$$

$d_s$  = diferencial de seleção

$\bar{X}_s$  = média da amostra selecionada

$\bar{X}_{\text{pop}}$  = média da população

Neste trabalho procurou-se conciliar produtividade satisfatória com capacidade de expansão elevada. Com este procedimento tentou-se quebrar a correlação negativa existente entre produção e capacidade de expansão.

### 3.2.5. Cálculo das correlações fenotípicas , genéticas e de ambiente.

Os coeficientes de correlação fenotípica, genética e de ambiente foram calculados, utilizando-se os quadrados médios das análises de variância dos caracteres individuais e da soma dos

mesmos caracteres, tomados dois a dois, em todas as combinações possíveis segundo indicações de KEMPTHORNE (17) e MODE & ROBINSON (31).

As covariâncias e variâncias empregadas no cálculo das correlações basearam-se na análise a nível de totais de parcelas (Quadro 1) e foram estimadas segundo as seguintes fórmulas (17, 31) :

$$V(X + Y) = V(X) + V(Y) + 2 \text{ COV}(XY)$$

$$\text{COV}(XY) = \frac{V(X + Y) - V(X) - V(Y)}{2}$$

Onde : X e Y = caracteres avaliados

V (X + Y) = variância da soma do caráter X mais o caráter Y

V (X) e V (Y) = variâncias dos caracteres X e Y , respectivamente

COV (XY) = covariância entre os caracteres X e Y

As correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente entre os caracteres foram estimadas pelas seguintes expressões:

$$r_F = \text{COV}_F(XY) / \sqrt{V_F(X) \cdot V_F(Y)}$$

Onde :  $r_F$  = coeficiente de correlação fenotípica entre os caracteres X e Y

$\text{COV}_F(XY)$  = produto médio do tratamento para os caracteres X e Y

$V_F(X)$  = quadrado médio do tratamento para o caráter X

$V_F(Y)$  = quadrado médio do tratamento para o caráter Y

$$r_E = \text{COV}_E(XY) / \sqrt{V_E(X) \cdot V_E(Y)}$$

Onde :  $r_E$  = coeficiente de correlação de ambiente entre os caracteres X e Y

$\text{COV}_E(XY)$  = produto médio do erro para os caracteres X e Y

$V_E(X)$  = quadrado médio do erro para o caráter X

$V_E(Y)$  = quadrado médio do erro para o caráter Y

$$r_G = \text{COV}_G(XY) / \sqrt{V_G(X) \cdot V_G(Y)}$$

Onde :  $r_G$  = coeficiente de correlação genética entre os caracteres X e Y

$$\text{COV}_G(XY) = \frac{\text{COV}_F(XY) - \text{COV}_E(XY)}{r}$$

$$V_G(X) = \frac{V_F(X) - V_E(X)}{r}$$

$$V_G(Y) = \frac{V_F(Y) - V_E(Y)}{r}$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Análises estatísticas <sup>1/</sup>

Os resultados das análises de variância para os sete caracteres são apresentados nos Quadros 2 e 3. Nestes quadros estão registrados também a média geral, eficiência do "lattice" e o coeficiente de variação. Como se pode verificar os quadrados médios dos tratamentos ajustados foram significativos ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, para todos os caracteres, em ambos os ensaios, mostrando grande variabilidade no material em estudo.

Os valores de eficiência do "lattice" no ensaio nº 1 mostraram-se altos, exceto para o caráter capacidade de expansão, em que a eficiência foi considerada baixa, segundo COCHRAN & COX (7). Com relação ao ensaio nº 2, houve decréscimo na eficiência,

---

<sup>1/</sup> No final encontra-se um apêndice com indicações mais detalhadas sobre os cálculos efetuados para a obtenção dos diferentes parâmetros genéticos.

QUADRO 2 - Resumo da análise de variância do "lattice" triplo 10 x 10, para sete caracteres do ensaio nº 1, com 96 progênies de meio-irmãos e quatro variedades de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83.

C.V.	G.L.	Quadrados Médios						
		Capacidade de expansão	Peso de grãos / parcela (kg/4m <sup>2</sup> )	Peso de 100 grãos (g)	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Diâmetro médio do colmo (cm)	Prolifidade
Repetições	2							
Tratam. (ajustados)	99	22,1737**	0,1550**	4,6960**	0,0727**	0,0622**	0,0655**	0,0607**
Blocos dentro de repetição (naj)	27	4,5013	0,1185	2,6461	0,0349	0,0196	0,0265	0,0365
Resíduo intrabloco	171	4,0030	0,0310	1,0850	0,0057	0,0032	0,0107	0,0142
Média geral		19,84	0,97	12,71	1,65	0,87	1,71	1,05
Eficiência do "lattice" (%)		94,82	129,22	111,59	159,02	158,82	111,30	113,16
Coefficiente de variação (%)		10,08	18,15	8,19	4,57	6,50	6,05	11,35

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 3 - Resumo da análise de variância do "lattice" triplo 10 x 10, para sete caracteres do ensaio nº 2, com 96 progênies de meio-irmãos e quatro variedades de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83.

C.V.	G.L.	Quadrados Médios						
		Capacidade de expansão	Peso de grãos / parcela (kg/4m <sup>2</sup> )	Peso de 100 grãos (g)	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)	Diâmetro médio do colmo (cm)	Prolificidade
Repetições	2							
Tratam. (ajustados)	99	21,4737**	0,1315**	4,1618**	0,0586**	0,0584**	0,0596**	0,0421**
Blocos dentro de repetição (naj)	27	10,9661	0,1328	1,4555	0,0292	0,0151	0,0243	0,0464
Resíduo intrabloco	171	5,1159	0,0310	0,9504	0,0127	0,0070	0,0139	0,0213
Média geral		17,28	1,04	12,70	1,69	0,84	1,75	1,12
Eficiência do "lattice" (%)		107,80	135,24	100,02	110,29	108,00	102,68	108,33
Coefficiente de variação (%)		13,09	16,90	7,68	6,67	9,96	6,74	13,03

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade.



exceto para os caracteres capacidade de expansão e produção de grãos.

Os coeficientes de variação do "lattice" foram considerados de baixos a médios, segundo GOMES (15), assumindo valores variando de 4,57% a 18,15%, o que indica boa precisão dos ensaios, dando idéia da sensibilidade do caráter à influência ambiental.

Os Quadros 4 e 5 apresentam a produtividade média e a capacidade de expansão das 192 progênes avaliadas, das testemunhas e das progênes selecionadas. Observa-se que a produção de grãos das testemunhas exibe valores bastante elevados, se comparados com as produções das progênes avaliadas e selecionadas. No entanto, verifica-se no Quadro 5, que as progênes avaliadas e selecionadas foram superiores em relação às testemunhas para a capacidade de expansão. Segundo ZINSLY & MACHADO (49) uma boa variedade de milho pipoca deve ter a capacidade de expansão acima de 15, conforme já foi mencionado.

#### 4.2. Estimativas de parâmetros genéticos

##### 4.2.1. Produção de grãos

O Quadro 6 apresenta as estimativas ao nível de plantas, de componentes de variância e parâmetros genéticos para a produção de grãos.

QUADRO 4 - Produtividade média das 192 progênies de meio-irmãos de milho pipoca, das testemunhas e da amostra selecionada. ESAL - Lavras, MG, 1982/83.

Material	População (nº)	Produção de grãos (kg/ha)	% relativa à testemunha.
Progênies	192	2475	70,00
Testemunhas	4	3525	100,00
Amostra selecionada	30	2650	75,18

QUADRO 5 - Valor médio da capacidade de expansão das 192 progênies de meio-irmãos de milho pipoca, das testemunhas e da amostra selecionada. ESAL- Lavras, MG, 1982/83 .

Material	População (nº)	Capacidade de expansão	% relativa à testemunha
Progênies	192	18,79	144,43
Testemunhas	4	13,01	100,00
Amostra selecionada	30	22,03	169,33

QUADRO 6 - Estimativas ao nível de plantas, da variância entre famílias de meio-irmãos ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ), variância do erro ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), variância fenotípica dentro de progênies ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), coeficiente de variação genética e das herdabilidades no sentido restrito (entre) e dentro para o caráter produção de grãos numa população de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83.

Componentes de variância e parâmetros genéticos	Produção de grãos
$\hat{\sigma}_p^2$ kg <sup>2</sup> /planta x 10 <sup>-4</sup> .....	0,93
$\hat{\sigma}_A^2$ kg <sup>2</sup> /planta x 10 <sup>-4</sup> .....	3,72
$\hat{\sigma}_e^2$ kg <sup>2</sup> /planta x 10 <sup>-4</sup> .....	0,52
$\hat{\sigma}_d^2$ kg <sup>2</sup> /planta x 10 <sup>-4</sup> .....	5,17
C.V. genético % .....	19,34
$\hat{h}^2$ % (sentido restrito).....	56,19
$\hat{h}^2$ % (dentro) .....	53,96

A presença de variabilidade genética indica possibilidade de sucesso num trabalho de melhoramento. Desse modo, a estimativa do coeficiente de variação genética da população a ser selecionada mostra ao melhorista suas possibilidades de êxito no melhoramento (46,48). No presente trabalho o coeficiente de variação genética foi alto (19,34%). Este valor é bem superior aos encontrados

em diversos trabalhos com populações de milho, que em média, situam-se em torno de 7% (12), mostrando portanto, suficiente variabilidade genética para a obtenção de progressos subsequentes.

As estimativas da variância do erro ambiental entre parcelas e da variância fenotípica dentro de progênies, a nível de plantas, foram respectivamente,  $0,52 \times 10^{-4}$  kg<sup>2</sup>/planta e  $5,17 \times 10^{-4}$  kg/planta. Esta última mostrou-se elevada, indicando que se deve dar atenção à seleção dentro.

Os coeficientes de herdabilidade para o caráter mostraram-se altos, indicando grandes possibilidades de seleção, tanto entre, (56,19%), como dentro, (53,96%), de progênies de meio-irmãos.

Os métodos de seleção aplicáveis em famílias de meio-irmãos fazem uso da variância genética aditiva, que deve ser a mais importante, uma vez que a maioria dos caracteres agrônomicos estudados em milho são poligênicos e de ação gênica predominantemente aditiva (46, 48). A estimativa da variância genética aditiva para a população em estudo foi calculada a nível de plantas, chegando-se ao valor médio de  $3,72 \times 10^{-4}$  kg<sup>2</sup>/planta. Segundo ZINSLY (48), com a presença de variância genética aditiva é de se esperar que com uso de seleção massal estratificada ou seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos, o progresso perdure por muito tempo, pois é desconhecido o número de ciclos de seleção necessários para que esse tipo de variabilidade seja esgotado.

O resultado da estimativa do progresso esperado para o próximo ciclo com relação à produção de grãos encontra-se no Quadro 7. Progenies com produtividade satisfatória foram escolhidas em função da intensidade de seleção aplicada para capacidade de expansão, tentando-se, com isto, "quebrar" a correlação negativa que normalmente ocorre entre estes caracteres. A produção média por planta na população original foi de 50,00 g, sendo esperado um valor de 62,41 g/planta na população melhorada. Portanto, o progresso total esperado em percentagem é igual a 24,82%, sendo 4,70% devidos à seleção entre e 20,12% devidos à seleção dentro de famílias de meio-irmãos, o que corresponde, respectivamente, a 18,94% e 81,06% do ganho total esperado.

Prevê-se ainda no quadro 7 que a população melhorada deve produzir 16,18% menos que as testemunhas, mas apresentar uma superioridade de 24,82% em relação à população original.

QUADRO 7 - Progresso esperado com a seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos, para produção de grãos em uma população de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83.

Material	g/planta	% relativa à população original
População original	50,00	100,00
Progresso esperado (seleção entre)	2,35	4,70
Progresso esperado (seleção dentro)	10,06	20,12
Progresso total combinado	12,41	24,82
População melhorada	62,41	124,82
Testemunhas	70,50	141,00

#### 4.2.2. Capacidade de expansão

O Quadro 8 apresenta as estimativas, ao nível de plantas, de componentes de variância e parâmetros genéticos para a capacidade de expansão. O coeficiente de variação genética pode ser considerado alto (12,92%), indicando haver grande variabilidade genética no material em estudo, para este caráter. A variância fenotípica dentro de progênies foi superior à variância entre progênies de meio-irmãos. Tal resultado indica que a seleção dentro de progênies de meio-irmãos será efetiva para melhorar o caráter. Nesta fase inicial de seleção era esperado o resultado obtido, porque a população em estudo se caracteriza por apresentar ampla variabilidade genética.

As herdabilidades estimadas foram de magnitudes altas (>50%) para a capacidade de expansão. Herdabilidades altas, no sentido restrito, foram encontrados por Grisson e também por Clary, ambos citados por ALEXANDER & CREECH (2). Estes resultados mostram que a seleção simples pode proporcionar melhoramento no material em estudo.

A estimativa da variância genética aditiva, que representa a variação útil em esquemas de seleção intrapopulacional, foi de alta magnitude (0,0576/planta) comparada com a obtida para produção de grãos.

O resultado do progresso genético esperado com a seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos, para o caráter capacidade de expansão, está apresentado no Quadro 9. Em percentagem,

QUADRO 8 - Estimativas ao nível de plantas, da variância entre famílias de meio irmãos ( $\hat{\sigma}_p^2$ ), variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_A^2$ ), variância do erro ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_e^2$ ), variância fenotípica dentro de progênes ( $\hat{\sigma}_d^2$ ), coeficiente de variação genética e das herdabilidades no sentido restrito (entre) e dentro para o caráter capacidade de expansão numa população de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83.

Componentes de variância e parâmetros genéticos	Capacidade de expansão
$\hat{\sigma}_p^2$ /planta .....	0,0144
$\hat{\sigma}_A^2$ /planta .....	0,0576
$\hat{\sigma}_e^2$ /planta .....	0,0076
$\hat{\sigma}_d^2$ /planta .....	0,0760
C.V. genético % .....	12,92
$\hat{h}^2$ % (sentido restrito).....	58,77
$\hat{h}^2$ % (dentro) .....	56,84

o progresso esperado total foi igual a 24,80%, sendo 13,62% em função da seleção entre e 11,18% pela seleção dentro de famílias de meio-irmãos.

Levando em consideração as características da população utilizada e os resultados conseguidos com o método de seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos, espera-se a obtenção de uma variedade superior de milho pipoca para produção e capacidade de expansão.

QUADRO 9 - Progresso esperado com a seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para capacidade de expansão em uma população de milho pipoca. ESAL-Lavras, MG, 1982/83.

Material	Progresso esperado	
	Capacidade de expansão	% relativa à população original
População original	18,56	100,00
Progresso esperado (seleção entre)	2,56*	13,62
Progresso esperado (seleção dentro)	2,10*	11,18
Progresso total combinado	4,66*	24,80
População selecionada	22,03	118,70
Testemunhas	13,01	70,10

\* Estimativas obtidas a nível de totais de parcelas.



#### 4.3. Correlações fenotípicas, genéticas e de ambiente

As estimativas dos coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), genética ( $r_G$ ) e de ambiente ( $r_E$ ) são apresentadas no Quadro 10.

De acordo com QUEIROZ (37), não há um teste apropriado para verificar a significância dos coeficientes de correlação genotípica. Portanto, neste trabalho, somente as correlações fenotípicas foram testadas pelo teste t (15).

/ Em geral as correlações genéticas foram superiores às de ambiente, indicando que as correlações fenotípicas refletem principalmente os efeitos genéticos. /

Em todas as combinações, verifica-se concordância entre o sinal do coeficiente de correlação fenotípica e genética. Observa-se também, que quase todas as correlações fenotípicas foram significativas.

A capacidade de expansão não mostrou correlação fenotípica significativa com a produção de grãos e com a prolificidade, e os valores para as correlações genéticas foram semelhantes. Todavia observa-se correlação fenotípica significativa ( $P < 0,01$ ) e negativa com os demais caracteres cujos valores foram semelhantes aos das correlações genéticas. A ausência de correlação fenotípica observada entre capacidade de expansão e produção de grãos evidencia a possibilidade de se selecionarem genótipos para produção de grãos, sem afetar a capacidade de expansão.

QUADRO 10 - Coeficientes de correlação fenotípica ( $r_F$ ), de ambiente ( $r_E$ ) e genética ( $r_G$ ), correspondente às combinações dos sete caracteres estudados. ESAL - Lavras, MG, 1982/83.

Caracteres	Produção de grãos/parcela (kg)	Peso de 100 grãos (g)	Diâm. médio do colmo (cm)	Alt. da planta (m)	Alt. de inserção da espiga (m)	Prolificidade
1. Capacidade de expansão	$r_F$ - 0,127 $r_E$ - 0,004 $r_G$ - 0,157	** -0,481 -0,021 -0,605	** -0,292 -0,033 -0,348	** -0,259 -0,133 -0,280	** -0,267 0,123 -0,317	0,047 0,142 0,022
2. Produção de grãos/parcela (kg)	$r_F$ - $r_E$ $r_G$	** 0,550 0,441 0,583	** 0,544 0,560 0,540	** 0,809 -0,391 1,000	** 0,538 0,434 0,570	** 0,681 0,981 0,592
3. Peso de 100 grãos (g)	$r_F$ $r_E$ $r_G$	- - -	** 0,445 0,304 0,482	** 0,445 0,278 0,486	** 0,403 0,222 0,446	0,180 0,193 0,176
4. Diâmetro médio do colmo (cm)	$r_F$ $r_E$ $r_G$	- - -	- - -	** 0,834 0,333 0,913	** 0,828 0,483 0,880	* 0,246 0,772 0,110
5. Altura da planta (m)	$r_F$ $r_E$ $r_G$	- - -	- - -	- - -	** 0,926 0,674 0,947	** 0,306 0,711 0,245
6. Altura de inserção da espiga (m)	$r_F$ $r_E$ $r_G$	- - -	- - -	- - -	- - -	** 0,290 0,791 0,234

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $P < 0,05$ )  
 \*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $P < 0,01$ )

A produção de grãos apresentou correlações fenotípicas positivas e significativas ( $P < 0,01$ ), com o peso de 100 grãos, diâmetro médio do colmo, altura da planta, altura de inserção da espiga e prolificidade. As correlações genéticas foram também elevadas, sendo que a associação entre produção de grãos e altura da planta foi a mais alta. Tal resultado permite concluir, que num programa de melhoramento a seleção de qualquer um desses caracteres levará a um aumento na produção de grãos. PEREIRA (36) e SCHRAM & HEIDRICH SOBRINHO (38) mostraram que ganhos em produção estão fortemente associados com maiores alturas de planta e espiga, diâmetro médio do colmo e prolificidade.

O peso de 100 grãos foi correlacionado fenotipicamente ( $P < 0,01$ ) e positivamente com todos os caracteres avaliados, com exceção da prolificidade, com a qual determinou-se baixa correlação genética.

O diâmetro médio do colmo correlacionou-se positiva e fenotipicamente com todos os caracteres, exceto para a capacidade de expansão, em que a correlação foi negativa. Este último resultado mostra que provavelmente numa seleção direcionada para capacidade de expansão ocorra redução no diâmetro do colmo.

Altura da planta e altura de inserção da espiga correlacionaram-se fenotípica e positivamente ( $P < 0,01$ ). A forte associação entre altura da planta e da espiga, mostra a possibilidade de se melhorar um desses caracteres por seleção praticada no outro, facilitando, dessa maneira, os trabalhos de melhoramento.

Este resultado concorda com os encontrados em diversos trabalhos realizados em milho (3, 9, 13, 19, 40, 43).

As mais altas correlações de ambiente ocorreram entre a prolificidade os caracteres produção de grãos ( $r_E = 0,981$ ), altura de inserção da espiga ( $r_E = 0,791$ ), diâmetro médio do colmo ( $r_E = 0,772$ ) e altura da planta ( $r_E = 0,711$ ), indicando a presença marcante do ambiente na variação simultânea desses caracteres.

## 5. CONCLUSÕES

A análise dos resultados permite estabelecer as seguintes conclusões :

a. Valores elevados do coeficiente de variação genética para produção de grãos e capacidade de expansão indicam a presença de variabilidade genética suficiente, na população em estudo , sugerindo a possibilidade de progressos subsequentes com a seleção.

b. Os coeficientes de herdabilidade para produção de grãos e capacidade de expansão foram relativamente altos, mostrando que métodos simples de seleção podem proporcionar melhoramento.

c. Em função da intensidade de seleção aplicada, de 15% , entre progênies, e 10,0% dentro, o progresso esperado para o primeiro ciclo foi estimado em 24,82% para produção de grãos e em 24,80% para capacidade de expansão.

d. A seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos foi

eficiente para aumentar a produção de grãos e a capacidade de expansão.

e. Correlações negativas, porém baixas, foram encontradas entre capacidade de expansão e produção de grãos, indicando que, possivelmente num programa de melhoramento estas duas características poderão ser selecionadas simultaneamente.

f. Não se observou correlação entre capacidade de expansão e prolificidade, evidenciando a possibilidade de se selecionarem genótipos para produção de grãos via prolificidade, sem afetar a capacidade de expansão.

## 6. RESUMO

Uma população de milho pipoca, cultivada e comercializada na região de Lavras, Minas Gerais, de ampla base genética, foi objeto deste trabalho.

No ano agrícola 1982/83, foram avaliadas 192 progênies de meio-irmãos, obtidas de 192 plantas selecionadas na população original. As progênies selecionadas foram divididas em dois grupos de 96 e colocadas juntamente com quatro testemunhas em dois ensaios, no delineamento "lattice" triplo 10 x 10. Uma das quatro testemunhas foi a população original e, as três restantes, variedades de milho pipoca adquiridas no comércio de Lavras-MG.

Cada parcela foi constituída por uma fileira de 5 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,80 m, resultando um "stand" ideal de 20 plantas.

Os seguintes caracteres agronômicos foram avaliados : produção de grãos, capacidade de expansão, altura da planta, al-

tura de inserção da primeira espiga, diâmetro médio do colmo ,  
prolificidade (nº médio de espigas/planta), peso de 100 grãos e  
número total de plantas por parcela, para correção da produção.

Foram realizadas análises de variância para todos os  
caracteres, mas apenas a produção de grãos e capacidade de expan  
são foram consideradas para a estimativa de parâmetros genéticos  
e predição de progressos com a seleção.

A precisão dos ensaios foi considerada boa (C.V. entre  
4,57 a 18,15%). Todos os caracteres mostraram ampla variabilidade  
genética.

Os coeficientes de variação genética para produção de  
grãos e capacidade de expansão foram 19,34% e 12,92%, respectiva  
mente, indicando elevada variabilidade genética para a obtenção  
de progressos subseqüentes. As herdabilidades entre e dentro de  
progênes de meio-irmãos para a produção de grãos foram 56,19% e  
53,96% respectivamente, sendo também altas para capacidade de  
expansão, respectivamente em 58,77% e 56,84%. Em função do com -  
portamento das progênes avaliadas foram selecionadas trinta con  
sideradas superiores para a capacidade de expansão. O progresso  
esperado para o primeiro ciclo foi estimado em 24,82% para produ  
ção de grãos e 24,80% para capacidade de expansão.

Determinaram-se, ainda, as correlações fenotípicas, gené  
ticas e de ambiente entre os sete caracteres , em todas as combi  
nações possíveis, a fim de verificar o grau de associação entre  
eles. Em geral as correlações genéticas foram superiores às  
de ambiente, indicando que as correlações fenotípicas refletem





principalmente as associações genéticas.

Ausência de correlação foi verificada entre capacidade de expansão e produção de grãos, mostrando que, em um programa de melhoramento, é possível selecionarem-se genótipos com boa capacidade de expansão sem alterar a produção de grãos.

As correlações fenotípicas e genéticas, envolvendo produção de grãos por parcela e demais caracteres, com exceção da capacidade de expansão, foram em geral positivas e altas. Assim sendo, os caracteres peso de 100 grãos, diâmetro médio do colmo, altura da planta, altura de inserção da espiga e prolificidade corresponderam aos mais importantes para a seleção que tenha como meta aumento da produtividade.

## 7. SUMMARY

The popcorn used in this experiment was extracted from a population with broad genetic basis which is grown in the region of Lavras, State of Minas Gerais.

One hundred ninety two half-sib progenies obtained from 192 plants selected from the original population were evaluated during the growth season of 1982/83. The selected progenies were divided into 2 groups of 96 each and along with 4 controls they were grown in a lattice design 10 x 10, consisting of two trials. The original population plus 3 varieties obtained from the market of Lavras were the controls. Each plot constituted a line 5 m long and 0,8 m between lines, giving a final stand of 20 plants.

The following characteristics were measured : grain yield, popping expansion plant height, insertion height of the first ear, stem diameter, prolificity, weight of 100 grains and

total number of plants for correction purposes.

Analyses of variance were made for all characteristics , but only grain yield and popping expansion were considered for estimating the genetic parameters and prediction of gains through selection.

The precision of the experiment was considered satisfactory (C.V. between 4,57 and 18,15%). All the characters showed large genetic variability.

The coefficient of genetic variation was 19,34% for grain yield and 12,92% for popping expansion indicating high genetic variability to obtain subsequent gain. The heritabilities among and within half-sib progenies for grain production were 56,19% and 53,96%, respectively, and 58,77% and 56,84%, respectively, for popping expansion. Thirty progenies considered to be superior in function of their behavior for popping expansion were selected. The expected gain for the first cycle was estimated to be 24,82% for grain yield and 24,80% for popping expansion .

It was also determined phenotypic, genetic and environmental correlations between the seven characters in all possible combinations in order to verify the level of association between the characters. In general, the genetic correlations were superior to the environmental, indicating that phenotypic correlations correspond mainly to genetic associations.

There was not correlation between popping expansion and grain yield, suggesting that during a selection program, one can

select genotypes with high popping expansion without affect grain yield.

The phenotypic and genetic correlations involving grain yield per plant an all other characteristics, except popping expansion were high and positive, indicating that the characteristics weight of 100 grains, stem diameter, plant height, insertion height of the first ear and prolificity are very important in any selection process aimed to increase yield.

#### 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACOSTA, A.E. & CRANE, P.L. Further selection for lower ear height in maize. Crop Science, Madison, 12(2):165-7, Mar./Apr. 1972.
2. ALEXANDER, D.E. & CREECH, R.G. Breeding special industrial and nutritional types. In:SRAGUE, G.F. & FUCCILLO, D. A. Corn and corn improvement. Madison, American Society of Agronomy, 1977. Cap. 7, p.363-86. (Serie Agronomy, 18) .
3. ANDRADE, J.A.C. & MIRANDA FILHO, J.B. Correlações genéticas e fenotípicas envolvendo caracteres da planta e do pendão do milho. Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba , (14):5-10, 1980.
4. BRUNSON, A.M. Popcorn. In: SPRAGUE, G.F., ed. Corn and corn improvement. New York, Academic Press, 1955. p.423-40.

5. BRUNSON, A.M. Popcorn breeding. In: YEARBOOK OF AGRICULTURE, 1937. Washington, USDA, 1937. p.395-404.
6. \_\_\_\_\_. Popcorn selecting for added popping expansion would pay large growers. In: YEARBOOK OF AGRICULTURE, 1931. Washington, USDA, 1931. p.441-3.
7. COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Diseños experimentales. Trillas, México, 1974. 661p.
8. COMSTOCK, R.E. & ROBINSON, H.F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics, Raleigh, 4(4):254-66, Dec. 1948.
9. CRISÓSTOMO, J.R. & ZINSLY, J.R. Estimaco de parâmetros genéticos em duas populaes de milho (*Zea mays* L.) Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (11):33-7, 1977.
10. FALCONER, D.S. Introduo  genética quantitativa. Viçosa, UFV, 1981. 279p.
11. FISHER, R.A. & YATES, F. Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura. São Paulo, EDUSP/Polígono 1971. 150p.
12. GERALDI, I.O. Estimacão de parâmetros genéticos para caracteres do pendão de milho (*Zea mays* L.) e perspectivas de melhoramento. Piracicaba, ESALQ, 1977. 103p. (Dissertao de Mestrado).

13. GHINI, R. & MIRANDA FILHO, J.B. Herdabilidade da altura da planta e da espiga no segundo ciclo de seleção da população ESALQ-PB I de milho. Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (13):130-7, 1979.
14. GOLDENBERG, J.B. El empleo de la correlacion en el mejora - miento genetico de las plantas. Fitotecnia Latino-Americana, San José, Colômbia, 5(2):1-8, Jul./Dic. 1968.
15. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. Piracicaba, ESALQ, 1976. 430p.
16. HULL, F.H. Recurrent selection and overdominance. In:GOWEN, J. W. Heterosis. Ames, Iowa, State College Press, 1952. p.451-73.
17. KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1973. 545p.
18. LEZCANO, R.S. Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos no milho (*Zea mays* L.) composto flint branco. Piracicaba, ESALQ, 1976. 52p. (Dissertação de Mestrado).
19. LIMA, M. & PATERNIANI, E. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos em progênies de meios-irmãos de milho (*Zea mays* L.) ESALQ-VD-2 MI-HSII e suas implicações com o melhoramento . Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (11):84-9 , 1977.
20. \_\_\_\_\_ & PATERNIANI, E. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos na população de milho (*Zea mays* L.) ESALQ-VD-2 Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (7):82-3 , 1977.



21. LIMA, M.; ZINSLY, J.R. & MÔRO, J.R. Seleção massal estratificada no milho pipoca (*Zea mays* L.) visando o aumento da produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. Relatório Científico da ESAL, Piracicaba, (7): 83-8, 1973.
22. \_\_\_\_\_; ZINSLY, J.R.; VENCOSKY, R. & MELO, M.R. de C. Resultados parciais de um programa de melhoramento de milho pipoca (*Zea mays* L.), visando o aumento da produtividade, caracteres agronômicos e capacidade de expansão. Relatório Científico da ESAL, Piracicaba, (5):82-93, 1971.
23. LIMA, T. de S.O. Avaliação das capacidades geral e específica de combinação e correlação entre caracteres em oito populações de milho (*Zea mays* L.) Opaco-2, Viçosa-UFV, 1977. 71p. (Tese de Mestrado).
24. LONNQUIST, J.H. Mass selection for prolificacy in maize. Der Züchter, Berlin, 37(4):185-8, 1966.
25. \_\_\_\_\_. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize populations. Crop Science, Madison, 4(2):227-8, Mar./Apr. 1964.
26. MELO, M.R. de C.; MIRANDA FILHO, J.B.; ZINSLY, J.R. & LIMA, M. Avaliação de germoplasma de milho pipoca. Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba (5):106-12, 1971.
27. MEZZACAPPA, M.P. Capacidade de expansão em milho pipoca. In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO, 4, Cruz das Almas, 1959. Anais... Cruz das Almas, Instituto Agronômico do Leste, 1959. p.irr.

28. MEZZACAPPA, M.P. Produção e capacidade de expansão. In :  
REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO, 5, São Paulo, 1962. Anais...  
São Paulo, ESALQ, 1962. p.94-5.
29. \_\_\_\_\_ & KLAR, A.E. Umidade e capacidade de expansão .  
In: REUNIÃO BRASILEIRA DO MILHO, 5, São Paulo, 1962 .  
Anais... São Paulo, ESALQ, 1962. p.95-8.
30. MIRANDA FILHO, J.B. Avaliação de famílias de meios irmãos  
na população ESALQ-PB-I. Relatório Científico da ESALQ,  
Piracicaba, (11):90-4, 1977.
31. MODE, J.C. & ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic  
variance and covariance. Biometrics, Releig, 15:518-37,  
Dec. 1959.
32. MOLL, R.H. & ROBINSON, H.F. Observed and expected response  
in four selection experiments in maize. Crop Science ,  
Madison, 6(4):319-24, Jul./Aug. 1966.
33. PATERNIANI, E. O melhoramento de populações de milho. Ci-  
ência e Cultura. São Paulo, 17(2):186-7, 1965.
34. \_\_\_\_\_. Selection among and within half-sib families in  
a brazilian population of maize (*Zea mays* L.) Crop Sci-  
ence, Madison, 7(3):212-5, May/Jun. 1967.
35. PENA NETO, A.M.; LIMA, M. & ZINSLY, J.R. Três ciclos de  
seleção massal estratificada com milho pipoca (*Zea mays*  
L.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 2, Piraci-  
caba, 1976. Anais... Piracicaba, ESALQ, 1978. p.231-4.

36. PEREIRA, P. Comportamento de linhagens de milho (*Zea mays* L.) em cruzamentos dialélicos. Viçosa, UFV, 1978. 69p. (Tese de Mestrado).
37. QUEIROZ, M.A. Correlações genéticas e fenotípicas em progênies de meios irmãos de milho (*Zea mays* L.) e suas implicações no melhoramento. Piracicaba, ESALQ, 1969. 71p. (Tese de Mestrado).
38. SCHRAMM, E.J. & HEIDRICH SOBRINHO, E. Correlações fenotípicas e genéticas em caracteres morfológicos de duas populações de milho. Agronomia Sulriograndense, Porto Alegre, 16(2):261-8, 1980.
39. SEGOVIA, V.F.S. Avaliação da seleção massal em ambos os sexos para prolificidade em milho (*Zea mays* L.) Piracicaba, ESALQ, 1983. 91p. (Dissertação de Mestrado).
40. SOUZA JÚNIOR, C.L.; GERALDI, I.O. & ZINALY, J.R. Correlações genéticas e fenotípicas entre seis caracteres da população de milho (*Zea mays* L.) suwan. Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (14):146-52, 1980.
41. \_\_\_\_\_; GERALDI, I.O. & ZINSLY, J.R. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de alguns caracteres na população de milho (*Zea mays* L.) suwan. Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (14):139-45, 1980.
42. TAVARES, F.C.A. & ZINSLY, J.R. Correlações fenotípicas em variedades de milho e respectivos híbridos. Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (5):159-67, 1971.

43. TOSELLO, G.A. & GERALDI, I.O. Correlações genéticas e fenotípicas envolvendo caracteres da planta e de qualidade do grão na população ESALQ-VD OPACO de milho. Relatório Científico da ESALQ, Piracicaba, (14):190-3, 1980.
44. VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.122-201.
45. VERMA, R.K. & SINGH, T.P. Interrelations among certain quantitative traits in popcorn. Mysore Journal of Agricultural Sciences, India, 13(1):15-8, 1979.
46. WINKLER, E.I.G. Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos no milho (*Zea mays* L.) composto dentado branco. Piracicaba, ESALQ, 1977. 54p. (Dissertação de Mestrado).
47. WOODWORTH, C.M.; LENG, E.R. & JUGENHEIMER, R.W. Fifty generations of selection for protein and oil in corn. Agronomy Journal, Madison, 44(2):60-5, Fev. 1952.
48. ZINALY, J.R. Estudo comparativo entre a seleção massal e a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ, 1969. 52p. (Tese de Doutorado).
49. \_\_\_\_\_ & MACHADO, J.A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E., Ed. Melhoramento e produção do milho no Brasil. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.339-48.

50. ZUBER, M.S. Relative efficiency of incomplete block designs using corn uniformity trial data. Journal of the American Society of Agronomy, Wisconsin, 34:30-47, 1942.

APENDICE

## APÊNDICE

## PARÂMETROS GENÉTICOS (Produção de grãos)

## I. Cálculo do coeficiente de variação genética (C.V gen)

Dados da soma de quadrados de tratamentos ajustados e soma de quadrados do resíduo intrabloco, por ensaio :

	G.L.	SQ Nº1	SQ Nº2	QM
Tratamentos	99	15,3435	13,0185	0,1432 (Q <sub>1</sub> )
Resíduo	171	5,2991	5,2971	0,0310 (Q <sub>2</sub> )

O cálculo do coeficiente de variação genética e os outros parâmetros utilizam os quadrados médios de progênes e do resíduo, obtidos da análise combinada dos "lattices".

$$Q_1 = \hat{\sigma}_e^2 + r\hat{\sigma}_p^2 = 0,1432 \text{ (quadrado médio de prog.)}$$

$$Q_2 = \hat{\sigma}_e^2 = 0,0310 \text{ (quadrado médio de resíduo).}$$

O coeficiente de variação genética é obtido pela relação:

$$\text{C.V. gen} = \frac{\sqrt{(Q_1 - Q_2) : r}}{\bar{X} \text{ pop}} \times 100$$

Portanto :

$$\text{C.V. gen} = \frac{\sqrt{(0,1432 - 0,0310) : 3}}{1,00} \times 100 = 19,34\%$$

II. Estimativa da variância genética entre progênes de meio-irmãos.

$$\hat{\sigma}_{p'}^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{r} = \frac{0,1432 - 0,0310}{3} = 0,0374 \text{ kg}^2$$

$$\hat{\sigma}_{p'}^2 = 0,0374 \text{ kg}^2 \text{ (ao nível de parcela)}$$

$$\hat{\sigma}_{p'}^2 = (20)^2 \hat{\sigma}_p^2$$

20 = nº de plantas por parcela ("stand")

$\hat{\sigma}_p^2$  = variância genética entre progênes de meio-irmãos ao nível de plantas

$$\hat{\sigma}_p^2 = \frac{\hat{\sigma}_{p'}^2}{400} = \frac{0,0374}{400} = 0,000093 \text{ kg}^2/\text{planta}$$

III. Estimativa da variância genética aditiva

Como a variância entre progênes de meio-irmãos corresponde a um quarto da variância genética aditiva, tem-se :

$$\hat{\sigma}_p^2 = 1/4 \hat{\sigma}_A^2$$

$$\hat{\sigma}_A^2 = 0,000093 \text{ kg}^2/\text{planta} \times 4$$

$$\hat{\sigma}_A^2 = 0,000372 \text{ kg}^2/\text{planta} \text{ ou } 3,72 \times 10^{-4} \text{ kg}^2/\text{planta}$$

IV. Estimativa da variância dentro

$$(1) \hat{\sigma}_{e'}^2 = 20 \hat{\sigma}_d^2 + (20)^2 \hat{\sigma}_e^2$$

Segundo Robinson et alii, citado por ZINSLY (48), pode considerar-se que :



$$\hat{\sigma}_d^2 = 10 \hat{\sigma}_e^2 \quad \text{portanto :}$$

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{\hat{\sigma}_d^2}{10}$$

Substituindo este valor na equação (1) tem-se :

$$\hat{\sigma}_{e'}^2 = 20 \hat{\sigma}_d^2 + 40 \hat{\sigma}_d^2$$

$$0,0310 = 60 \hat{\sigma}_d^2$$

$$\hat{\sigma}_d^2 = 0,000517 \text{ kg}^2/\text{planta}$$

#### V. Estimação do progresso esperado

a. O progresso esperado, quando se utiliza o método de seleção entre progênies (com sementes remanescentes) é dado pela fórmula :

$$\Delta g = \frac{d_s \cdot 1/4 \cdot \hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_F^2}$$

$$\hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{r} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{nr}$$

Cálculo do diferencial de seleção

$$d_s = \frac{\bar{X}_s - \bar{X}_{pop}}{n}$$

onde :  $\bar{X}_s = 1,06$  = produção média das progênies selecionadas.

$\bar{X}_{pop} = 1,00$  = produção média das progênies originais.

$n = 20$  = número de plantas/parcela

$$d_s = \frac{1,06 - 1,00}{20} = 0,003$$

$$\Delta_g = \frac{0,003 \times \frac{0,000372}{4}}{0,000093 + 0,0000172 + 0,0000086}$$

$$\Delta_g = \frac{0,000000279}{0,0001188} = 0,00234848 \text{ kg}^2/\text{planta}$$

b. O progresso esperado quando se utiliza o método de seleção dentro das famílias, é calculado pela fórmula :

$$\Delta_g = \frac{K_2 \frac{3}{8} \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_d^2}}$$

Na determinação de  $K_2$ , usa-se a Tabela XX, de FISHER & YATES (11), para  $n \leq 20$ . Para um total de 20 plantas por parcela e intensidade de seleção dentro igual a 10%, tomam-se duas plantas por parcela. Logo, faz-se a média dos dois primeiros valores da tabela :

$$\frac{1,87 + 1,41}{2} = 1,64$$

Tendo-se  $K_2 = 1,64$ , estima-se o progresso dentro :

$$\Delta_g = \frac{1,64 \times \frac{3 \times 0,000372}{8}}{\sqrt{0,000517}}$$

$$\Delta_g = \frac{0,00022878}{0,0227376} = 0,0100617 \text{ kg/planta}$$

$$\Delta_{g \text{ total}} = \underset{\text{(entre)}}{0,00234848} + \underset{\text{(dentro)}}{0,0100617} = 0,0124101$$

$$\Delta_{g \text{ total}} = 0,0124101 \text{ kg/planta ou } 12,41 \text{ g/planta}$$

c. Ganho genético por parcelas de 4 m<sup>2</sup> ("stand" de 20 plantas) :

$$\Delta_{g \text{ total}} = 12,41 \text{ g/planta} \times 20 = 248,20 \text{ g/4m}^2$$

d. Produção média por planta :

$$\frac{1,00}{20} = 0,05 \text{ kg/planta ou } 50 \text{ g/planta}$$

e. O progresso esperado em percentagem deste valor será:

$$0,0500000 \quad \text{————} \quad 100$$

$$0,0124101 \quad \text{————} \quad x$$

$x = 24,82$ , sendo 4,70 devidos à seleção entre e 20,12% devidos à seleção dentro.

f. Cálculo da herdabilidade, entre progênes de meio-irmãos, no sentido restrito :

$$\hat{h}_r^2 = \frac{4 \sigma_p^2}{\sigma_d^2 + \sigma_e^2 + \sigma_p^2} \times 100$$

$$\hat{h}_r^2 = \frac{4 \times 0,000093}{0,000517 + 0,0000517 + 0,000093} = \frac{0,000372}{0,000662} = 56,19\%$$

$$\hat{h}_r^2 = 56,19\%$$

g. Cálculo da herdabilidade, referente à seleção dentro de progênes de meio-irmãos, sendo obtida por :

$$\hat{n}_d^2 = \frac{3 \hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_d^2} \times 100$$

$$\hat{n}_d^2 = \frac{3 \times 0,000093}{0,000517} = \frac{0,000279}{0,000517} = 53,96\%$$