

ALBERTO PARRA GUTIERREZ

ENGENHEIRO - AGRÔNOMO

**Universidad del Zulia - Facultad de Agronomía
Maracaibo - Venezuela**

**ESTIMAÇÃO DE INDICES PARA SELEÇÃO EM UM
COMPOSTO DE MILHO [*Zea mays, L.*]**

Orientador : Prof. Dr. Roland Vencovsky

**Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Mestre**

**P I R A C I C A B A
Est. de São Paulo - Brasil
1974**

A MINHA MÃE (em memória)

A MINHA ESPOSA E FILHO

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O autor deseja agradecer, sinceramente, a todas as pessoas que, de uma ou outra forma, contribuíram para a execução do presente trabalho, especialmente às seguintes pessoas e Instituições:

Ao Prof. Dr. Roland Vencovsky, conselheiro principal, por seus ensinamentos e estímulos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao Prof. Felix Taborda R., da Facultad de Agronomia, Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela, pela ajuda e conselhos dados.

Ao Prof. Dr. Ernesto Paterniani, Diretor do Instituto de Genética, pelas facilidades concedidas.

Aos Eng^{os}. Agr^{os}. José Branco de Miranda Filho e Natal Antonio Vello, pela ajuda nos cálculos realizados.

Ao Prof. Vivaldo F. da Cruz, pela inestimável ajuda na computação eletrônica dos dados, realizada no Departamento de Matemática e Estatística da E.S.A. " Luiz de Queiroz ".

Aos Srs. Ayrton Rasera e Oswaldo Perez, pela ajuda nos cálculos estatísticos.

À Faculdade de Agronomia da Universidad del Zulia, Venezuela, pela oportunidade do aperfeiçoamento.

Ao Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, da Venezuela, pela Bolsa de Estudos concedida durante o decorrer do Curso.

Ao Sr. Walter Antonio Cocco pelos serviços datilográficos.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Teoria dos Índices de Seleção	3
2.2. Parâmetros populacionais associados aos índices de seleção	7
2.3. Emprego de Índices de Seleção	9
2.3.1. Emprego no milho	12
3. MATERIAL	14
4. MÉTODOS	18
5. RESULTADOS	23
5.1. Índices de Seleção	23
5.2. Progressos esperados na seleção baseada em índices	24
6. DISCUSSÃO	25
7. RESUMO E CONCLUSÕES	27
8. SUMMARY AND CONCLUSIONS	29
9. BIBLIOGRAFIA	31

1. INTRODUÇÃO

No milho, como em muitos outros vegetais cultivados, a maioria dos caracteres de importância econômica, tal como a produção de grãos, são geneticamente complexos e podem envolver vários caracteres relacionados. Desse modo, o conhecimento, do grau de correlação genética e fenotípica entre os caracteres, torna-se um elemento importante nos trabalhos de melhoramento.

Os métodos de melhoramento, em geral, envolvem seleção, e a eficiência de qualquer método depende da habilidade de identificar genótipos com alta potencialidade genética. O conhecimento das bases genéticas da produção e a de outros caracteres a ela associados é de importância fundamental para se decidir sobre o método de melhoramento que dará um progresso genético máximo, através da seleção.

A produção de grãos, somente, não é um critério adequado para representar o mérito econômico de uma planta ou progênie de milho. A seleção baseada só nesse caráter pode levar facilmente ao desenvolvimento de tipos agronomicamente insatisfatórios. Para um critério completamente satisfatório, seria conveniente incluir outras características relacionadas com a espiga, a arquitetura da planta, a resistência a enfermidades, o acamamento, entre outras.

Normalmente, o melhorista seleciona levando em conta todos os caracteres de importância agronômica, mas muitas vezes o faz de maneira um tanto quanto subjetiva.

Os índices de seleção têm sido propostos em programas de melhoramento vegetal e animal, como critério de seleção quando se consideram caracteres quantitativos, em conjunto. Tais caracteres apresentam particular dificuldade em programas de seleção, pois as variações hereditárias são frequentemente mascaradas pelas variações não herdáveis. As investigações têm demonstrado que um índice de seleção, baseado em um determinado número de atributos, pode ser usado efetivamente para incrementar a probabilidade de obtenção de genótipos desejáveis, quando comparado com a sele-

ção praticada independentemente, para cada atributo.

No presente trabalho procurou-se investigar se existem vantagens em se utilizar índices de seleção no milho. Estes foram estimados para um composto do Banco de Germoplasma do Departamento e Instituto de Genética da ESALQ. Desse modo, espera-se poder dar alguma contribuição aos trabalhos de melhoramento deste importante cereal.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Teoria dos Índices de Seleção

A teoria dos índices de seleção foi proposta por SMITH (1936). Este autor desenvolveu uma função discriminante para a seleção de variedades, de acordo com os seus valores genotípicos. Este processo foi utilizado em trigo e é aplicável à seleção de cultivares que sejam sempre renes.

HAZEL (1943) estendeu esta técnica a animais com a finalidade de selecionar indivíduos cujas progênies tenham um mérito superior, valendo-se da presunção de que cada indivíduo tem um "valor de melhoramento" ("breeding value") inicialmente desconhecido. Baseou-se nas correlações entre o "valor de melhoramento" e as expressões fenotípicas observadas.

HAZEL e LUSH (1943) indicam que, quando alguns caracteres afetam o mérito de um organismo, é necessário medir a variabilidade de tais características da maneira mais exata possível quando se deseja obter o máximo progresso pela seleção. Neste método, além disso, o objetivo é selecionar indivíduos com um "valor de melhoramento" superior. Assim, quando há "n" caracteres de importância econômica, o valor de melhoramento associado a cada um, ou seja " H_i ", deve ser ponderado por seu valor econômico relativo " a_i " o qual deve também ser dado da maneira mais exata possível. Esses autores afirmam que os valores de " a_i ", para quaisquer caracteres, devem ser iguais a zero quando estes não afetam o mérito econômico. Assim, a variação destes não interfere no mérito econômico do indivíduo. Isto, porém, não significa que eles não irão ser considerados na seleção, pois, individualmente, suas correlações genéticas com o mérito ou suas covariâncias fenotípicas com outros caracteres podem ser de tal maneira que poderão ser incluídos com considerável peso no índice de seleção.

Em geral, o valor genético global de um indivíduo, para

fins de seleção, é dado então por:

$$H = \sum_{i=1}^n a_i H_i \quad (\text{SMITH, 1936; HAZEL, 1943; KEMPTHORNE, 1957; WOLFF, 1972}).$$

Como o valor genético ou de melhoramento é de difícil mensuração, a seleção tem de se basear num valor fenotípico do indivíduo. Este valor fenotípico é:

$$I = \sum_{i=1}^n b_i X_i \quad (\text{SMITH, 1936; HAZEL, 1943; KEMPTHORNE, 1957; WOLFF, 1972}).$$

Este valor é denominado índice de Seleção e representa uma função linear dos valores fenotípicos de vários caracteres. Neste índice o valor de " b_i " é o coeficiente associado ao valor fenotípico " X_i " do caráter " i ". A correlação entre o valor fenotípico, I , e o valor genético, H , é igual a:

$$r(I,H) = \frac{\text{Cov}(I,H)}{\sqrt{\sigma_I^2 \sigma_H^2}} \quad (\text{WOLFF, 1972}).$$

Os autores (SMITH, 1936; HAZEL, 1943; KEMPTHORNE, 1957; WOLFF, 1972) recomendam que os pesos " b_i " devem ser determinados de tal maneira que esta correlação seja máxima.

Quando os efeitos genéticos e ambientais são aditivos e independentemente distribuídos (ausência de interação genótipo x ambiente e ausência de correlação entre genótipo e ambiente), e quando há equilíbrio de ligação esta correlação se transforma em:

$$r(I,H) = \frac{\sigma_H^2}{\sqrt{\sigma_H^2 \sigma_I^2}} \quad (\text{WOLFF, 1972})$$

Como $\frac{\sigma_H^2}{\sigma_I^2}$ é a herdabilidade (h_I^2) referente ao índice

de seleção, resulta que:

$$r(I,H) = h_I^2 \frac{\sigma_I}{\sigma_H}$$

A resposta esperada na seleção, para diferentes estimativas do valor econômico relativo, pode ser comparada utilizando-se o método apresentado por HENDERSON em 1963. Este autor estimou um índice de seleção para o melhoramento de cada caráter separadamente. Em seguida, este autor atribuiu pesos a estes índices de seleção, de acordo com o valor econômico relativo de cada caráter e os reuniu para obter um "índice de seleção para o melhoramento simultâneo de todos os caracteres, ou seja:

$$I = \sum_{i=1}^n a_i I_i$$

Este índice resultante foi igual ao índice de seleção encontrado por melhoramento simultâneo de todos os caracteres (HENDERSON, 1963).

Quanto maior for o número de caracteres considerados no índice de seleção, maior será a resposta esperada na seleção; o emprego de muitos, no entanto, torna-se difícil na prática. Com um grande número de caracteres, podem existir sub-grupos de caracteres correlacionados entre si. Cada caráter destes sub-grupos, então, pode ser tomado como uma expressão da mesma característica. Portanto, é muito mais fácil tomar o caráter mais marcante e representativo de cada sub-grupo, para se obter a informação desejada sobre o valor genético do indivíduo (WOLFF, 1972).

COCHRAN (1951), citado por WOLFF (1972), afirma que quanto maior for o número de caracteres envolvidos no índice de seleção, maior será a influência de erros associados às estimativas obtidas, através do índice.

YOUNG (1961), comparando a eficiência do índice de seleção com a seleção massal sem índice e com o emprego de níveis independentes, afirma que, em todas as circunstâncias, o índice de seleção não foi menos eficiente do que a seleção praticada com níveis independentes, apesar de não ter sido o mais eficiente em alguns casos. Salienta, ainda, que a su-

perioridade do índice, em relação aos outros métodos, se incrementa com o aumento do número de caracteres a serem lecionados simultaneamente, mas de cresce quando se incrementa a importância relativa de cada caracter. A superioridade é máxima quando os caracteres têm igual importância.

HEIDHUES (1961), pesquisando o efeito de erros de estimação, na aplicabilidade de um método que emprega o índice de seleção, concluiu - que o decréscimo da aplicabilidade depende fortemente da proporção da variância genotípica em relação à variância total dos caracteres selecionados. Assim, quanto menor for esta proporção, menor será sua aplicabilidade.

WILLIAMS (1962 b) verificou que as dificuldades em obter estimativas precisas dos parâmetros necessários para se estabelecer um índice, dá a este uma eficiência menor do que esperado teoricamente. Como alternativa, este autor propõe o uso de um índice padrão, no qual os caracteres são ponderados apenas por seu valor econômico. Um tal índice de seleção pode ser superior a um construído com parâmetros estimados, especialmente quando estes estão sujeitos a grandes erros de estimação.

Quando, por efeito da seleção, a distribuição de uma determinada característica torna-se apreciavelmente não normal, qualquer cálculo do ganho genético, com a fórmula baseada na normalidade, leva a uma sobreestimação (FINNEY, 1962).

HARRIS (1961) relata que, para se ter uma estimativa fideligna do progresso genético, por meio dos índices de seleção, é preciso ter observações fenotípicas de, pelo menos, mil indivíduos. Afirma, porém, que o que se ganha em precisão não compensa o trabalho com esse volume de dados.

HARRIS (1963, 1964) realizou estudos de simulação para verificar a influência de erros de estimação nos índices de seleção, e concluiu que a influência destes erros diminui quando se incrementa o tamanho da amostra; diminui também quando se incrementa a herdabilidade, a correlação genética ou ambas.

A rigor, é necessário obter um índice de seleção para cada população, já que cada uma tem seus próprios parâmetros específicos. Esta especificidade constitui uma desvantagem do método. HANSON e JOHNSON -

(1957) usaram dados de diferentes populações para calcular um índice de seleção geral. Determinaram os pesos fenotípicos " b_i " de tal maneira que o ganho genético médio foi maximizado.

SPRAGUE (1967) reconhece as dificuldades e desvantagens do emprêgo de índices de seleção; afirma, no entanto que, com o sucessivo melhoramento de uma espécie, precisam-se de técnicas cada vez mais apuradas para se obter progressos substanciais, o que justificaria o emprego do método todo dos índices de seleção.

SEARLE (1965) pesquisando com dois caracteres, X e Y, e unindo-os num índice de seleção, concluiu que este procedimento é melhor do que o uso de tais caracteres separadamente, especialmente se as herdabilidades forem de igual magnitude, a correlação genética for baixa, e a correlação fenotípica estiver próxima da unidade.

HATFIELD et al (1966) verificaram, em milho, que a correlação entre componentes da espiga e a produção de grãos, foi fortemente afetada por fatores ambientais. Concluíram que, em condições ambientais não adequadas, uma análise dos componentes da espiga fornece pouca informação adicional, ficando também prejudicada a estimação das respectivas variâncias genéticas. GOMES (1959) afirma que, para os ensaios de competição no milho, basta considerar o número de plantas, número de espigas, e peso dos grãos, para se poder reconhecer os tratamentos superiores.

2.2. Parâmetros populacionais associados aos índices de seleção

Desde o começo do século os melhoristas vem se preocupando com a seleção de caracteres correlacionados com a produção. Além disso, é comum encontrarem-se, na literatura, estimativas de correlações fenotípicas entre vários caracteres e a produção de grãos; estas, porém, são de pouco valor quando se desconhecem as correlações genéticas (WOLFF, 1972).

LUSH (1940), citado por WOLFF (1972), estimou a herdabilidade como sendo o dobro do coeficiente de regressão da descendência em relação a um dos pais. A variância genética aditiva pois, é igual ao dobro da covariância entre um pai e a média de sua progênie, ou o dobro da cova

riância entre o valor médio dos pais e a média de sua descendência (FALCONER, 1970). Para se ter estimativas das variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas é conveniente utilizar-se da análise da variância e da covariância.

COCKERHAM (1963) enumera as condições que devem ser satisfeitas para se estimar as componentes da variância genética em populações panmíticas. Estas são:

- a) Condição diploide com herança somente Mendeliana;
- b) Inexistência de correlações ambientais entre parentes;
- c) Inexistência de ligação genética;
- d) Ausência de endogamia nos indivíduos em estudo;
- e) Os indivíduos devem ser tomados ao acaso, da população.

Este último autor, além disso, apresentou uma metodologia - mais geral do que a de LUSH (1940), para estimar variâncias genéticas e fenotípicas. As estimativas baseiam-se na análise da variância para as quais o autor fornece as esperanças matemáticas dos quadrados médios, incluindo esquemas (Tabelas 1 e 2).

Quando se trabalha com progênies, a estimativa da variância total fenotípica, portanto, é:

$$\sigma_F^2 = \sigma_w^2 + \sigma_e^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_g^2$$

Sendo: σ_g^2 = Variância genética entre progênies

σ_{ge}^2 = Variância devida à interação genótipo x ambiente.

σ_e^2 = Variância ambiental entre parcelas

σ_w^2 = Variância entre indivíduos dentro de parcelas.

Quando a seleção individual é praticada dentro de parcelas a variância fenotípica não contém o componente entre parcelas, ficando:

$$\sigma_{F(w)}^2 = \sigma_w^2 + \sigma_{ge}^2 + \sigma_g^2 \quad (\text{WOLFF, 1972}).$$

A variância genética aditiva será:

$\sigma_A^2 = 4 \sigma_g^2$, quando as progênies forem de meios irmãos e não existirem efeitos gênicos epistáticos.

As covariâncias fenotípicas e genéticas entre dois caracteres são estimadas do mesmo modo que as variâncias, só que em lugar de se calcular os quadrados médios obtêm-se os produtos médios (FALCONER, 1970). Todas essas estimativas são essenciais para a obtenção de índices de seleção.

2.3. Emprego de Índices de Seleção

Os índices de seleção têm sido aplicados extensivamente no melhoramento animal. Igualmente, a maioria dos trabalhos teóricos sobre índices também foram feitos em estudos com animais (HAZEL, 1943; HAZEL e LUSH, 1943; SEN e ROBERTSON, 1964; BINET, 1965; OKADA e HARDIN, 1967; SCHEINBERG et al, 1967; DOOLITTLE et al, 1972; . Na presente revisão, todavia, será dada mais atenção aos trabalhos relacionados com o melhoramento de plantas.

Os índices de seleção têm sido calculados para auxiliarem no melhoramento de várias espécies vegetais, tais como:

A alfafa (ELGUIN et al, 1970); o algodão (WANNING, 1955; - 1956; 1963; MILLER et al, 1958); o arroz (ABRAHAM et al, 1954); a aveia (WALLACE et al, 1954); o fumo (MURTY e PAVATE, 1962); o milho (ver item 2.3.1.); a soja (JOHNSON et al, 1956; BRIM et al, 1959; TANG, 1963; CALDWELL e WEBER, 1965; CALDWELL et al, 1966; BYTH et al, 1969); o sorgo (SWARUP e CHAUGALE, 1962); o trigo (SMITH, 1936; PARODA e JOSHI, 1970).

Em todos estes exemplos, os índices de seleção foram calculados para seleção baseada em médias de progênies.

TABELA 1. - Análise combinada da variância de progenies em "L" Locais. Esperança dos Quadrados Médios (WOLFF, 1972).

Fontes de Variação	G.L.	E(QM)
Locais	$(L - 1)$	
Repetições/locais	$L(r - 1)$	
Progenies	$(n - 1)$	$\sigma^2 + r\sigma_{ge}^2 + rL\sigma_g^2$
Progenies x Locais	$(L - 1)(n - 1)$	$\sigma^2 + r\sigma_{ge}^2$
Erro	$L(r - 1)(n - 1)$	σ^2
TOTAL	$Lrn - 1$	

TABELA 2 - Análise combinada da variância de progênies, com "w" plantas por parcela. Esperança dos Quadrados Médios. (WOLFF, 1972).

Fontes de Variação	G.L.	E(QM)
Locais	$(L - 1)$	
Repetições/locais	$L(r - 1)$	
Progenies	$(n - 1)$	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2 + wr\sigma_{ge}^2 + wrL\sigma_g^2$
Progenies x locais	$(L - 1)(n - 1)$	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2 + wr\sigma_{ge}^2$
Erro de parcelas	$L(r - 1)(n - 1)$	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2$
Dentro das Parcelas	$nLr(w - 1)$	σ_w^2
TOTAL	$nLrw - 1$	

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_w^2}{w} + \sigma_e^2 = \text{variância residual}$$

σ_w^2 = variância entre plantas individuais dentro de parcelas.

σ_e^2 = componente ambiental da variância entre parcelas.

σ_{ge}^2 = componente da variância devida à interação genótipo x ambiente.

σ_g^2 = componente da variância devida a progênies.

w = número de plantas por parcela.

L = número de locais.

r = número de repetições dentro de locais.

Alguns pesquisadores estimaram índices para seleção entre variedades (SMITH, 1936; ABRAHAM et al, 1954; SWARUP e CHAUGALE, 1962; MURTY e PAVATE, 1962). HANSON et al. (1957) propuseram e avaliaram um índice geral de seleção que agrupasse variedades; afirmaram, porém, que um tal índice não pode ser muito exato pois existem diferenças marcantes nos parâmetros populacionais das diferentes variedades. Em seleções intrapopulacionais, na maioria das vezes, há necessidade de se distinguir pequenas diferenças fenotípicas; portanto, o emprêgo do índice de seleção não é um método adequado para seleção entre variedades (WOLFF, 1972). Um índice geral teria importância se não existisse muita interação dos genótipos com os ambientes (BYTH et al, 1959).

A técnica do índice de seleção, na maioria dos casos, tem sido superior à seleção do próprio caráter desejado. MILLER et al, (1958) calcularam alguns índices de seleção para algodão. Quando as linhagens foram testadas em apenas duas repetições, estes autores obtiveram um índice que apresentou uma eficiência de 134%; esta eficiência, porém, diminuiu com o aumento do número de repetições. Portanto, o aumento da eficiência de uma seleção direta para produção, que se consegue aumentando-se o número de repetições, compensa o emprêgo de um índice.

Trabalhando em alfafa, com índices base, ELGUIN et al (1970), acharam que sua eficiência era igual ao do índice de seleção.

MANNING (1956), aplicando índices de seleção no algodão e nele incluindo as relações capulhos/planta, sementes/capulho e fibra/semente, obteve 33% a mais de progresso genético, quando comparados com um "bulk" mantido nas mesmas condições durante 6 gerações.

2.3.1. Emprêgo no milho

São relativamente poucos os trabalhos que se conhecem para estimação de índices de seleção na cultura do milho. ROBINSON et al. (1951) trabalhando com a geração F_2 de um híbrido simples, demonstraram os cálculos necessários para obtenção de índices e consideraram o processo de seleção baseado em progênies de meios-irmãos. O índice incluía caracteres tais como: a altura da planta, o número de espigas/planta e a produção de grãos. Neste trabalho o progresso genético esperado, com base no índice de seleção, foi 30% superior ao progresso na seleção baseada na produção somente.

CHAUDRI, citado por WOLFF (1972), calculou um índice de seleção para uma população sintética de milho baseado na produção de grãos e em caracteres da espiga. O índice, que incluiu cinco caracteres, deu um incremento de 14% no progresso genético esperado, quando comparado com seleção para produção somente.

LAIBLE, citado por WOLFF (1972), e LAIBLE e DIRKS (1968), introduziram um índice com pesos baseados no número de espigas (ENWI) que

definiram com o quociente entre a produção total de grãos e a produção da espiga mais comprida. Calcularam índices para alguns cruzamentos, baseados na produção de grãos e no número de espigas por planta, ou ainda, na produção e no quociente ENWI. Suas conclusões foram de que o índice de seleção teve uma superioridade apenas modesta em relação a seleção baseada somente na produção.

Com seleção massal ou individual, a produção somente proporciona uma estimativa pobre do valor genético do indivíduo. O índice de seleção, que faz uso máximo de toda a informação disponível numa planta, tende a fornecer uma estimativa melhor do valor genético da mesma (WOLFF, 1972).

SUBANDI et al (1973) desenvolveram um índice de seleção que chamaram de "Índice Multiplicativo" e concluíram que foi tão efetivo quanto o índice proposto por SMITH (1936), sendo muito mais fácil de se estimar. Estes autores trabalharam com produção, acamamento e espigas caídas, que são caracteres próprios para o desenvolvimento de populações adaptadas à colheita mecânica. Sua eficiência, no entanto, deve ser testada para outros propósitos.

MARTIN e SALVIOLI (1973) fizeram um índice incluindo caracteres tais como o comprimento e o diâmetro médio das espigas, além do "índice de palha" (peso da palha/peso total da espiga). Chegaram à conclusão de que o índice de seleção estabelecido na base desses caracteres teve associações significantes com a produção de grãos.

3. MATERIAL

Para a elaboração do presente trabalho foram aproveitados dados obtidos pelo Eng^o Agr^o Manoel Abilio de Queiroz (1969). Estes referem-se a um Composto Intervarietal (Composto Dentado A) formado pelo intercruzamento das seguintes populações, do Banco de Germoplasma do Instituto de Genética ESALQ-USP):

1. WP 2
2. WP 6
3. WP 9
4. WP 10
5. WP 27
6. WP 29
7. WP 32
8. WP 37
9. PIRAMEX
10. AZTECA
11. MAYA
12. AMERICA CENTRAL

Conforme cita QUEIROZ (1969), o referido Composto Intervarietal foi sintetizado submetendo-se as populações parentais a tres gerações de polinização livre, praticando-se, a seguir, um ciclo de seleção massal para aumentar a produtividade. O material empregado no presente trabalho é proveniente desse ciclo de seleção massal.

Os caracteres estudados foram: altura da planta (AP); altura da espiga (AE); número de fileiras de grãos da espiga (NF); número de Grãos/Fileira (NG/F); número total de grãos por espiga (NGT); peso de cem sementes (PS_{100}) e produção ou peso total de grãos (P).

Os dados obtidos por QUEIROZ (1969) referentes a estes caracteres e provenientes de ensaios de progênies de meios irmãos, foram por ele analisados segundo um esquema de blocos ao acaso com mais de uma

amostra por parcela. Assim, para cada caráter, a análise da variância obedeceu ao esquema seguinte (Tabela nº 3), ressaltando-se as fontes de variação principais:

TABELA 3 -- Esquema simplificado da análise da variância, em blocos ao acaso com "k" amostras por parcela, utilizado por QUEIROZ (1960) para estimar os componentes da variância de cada caráter.

FV	QM	E(QM)
Progenies	Q_1	$\sigma_{i(d)}^2 + k \sigma_{i(e)}^2 + kr \sigma_{i(p)}^2$
Erro	Q_2	$\sigma_{i(d)}^2 + k \sigma_{i(e)}^2$
Dentro	Q_3	$\sigma_{i(d)}^2$

Sendo: $\sigma_{i(d)}^2$: Variância entre plantas dentro das parcelas, para o caráter "i".

$\sigma_{i(e)}^2$: Componente da variância devida ao erro experimental entre parcelas, para o caráter "i".

$\sigma_{i(p)}^2$: Componente genético da variância entre médias de progênies de meios irmãos, para o caráter "i".

As análises de covariância obedeceram a um esquema semelhante, conforme exposto à Tabela 4.

TABELA 4 - Esquema da análise de covariância, em blocos ao acaso com "k" amostras por parcela, utilizado por QUEIROZ (1969) para estimar componentes da covariância entre caracteres.

FV	PM	E(PM)
Progênes	P_1	$\sigma_{ii'}(d) + k \sigma_{ii'}(e) + rk \sigma_{ii'}(p)$
Erro	P_2	$\sigma_{ii'}(d) + k \sigma_{ii'}(e)$
Dentro	P_3	$\sigma_{ii'}(d)$

Sendo: $\sigma_{ii'}(d)$: Covariância entre os caracteres "i" e "i'" dentro das parcelas.

$\sigma_{ii'}(e)$: Covariância entre os erros de parcelas para os caracteres "i" e "i'".

$\sigma_{ii'}(p)$: Covariância entre os efeitos de progênes, para os caracteres "i" e "i'".

Os índices de seleção do presente trabalho foram, pois, obtidos utilizando-se as seguintes estimativas obtidas por QUEIROZ (1969):

a) Estimativas das variâncias e covariâncias genéticas aditivas dos caracteres. Estas foram estimadas multiplicando-se por quatro as estimativas dos componentes da variância e covariância entre progênes da sua tese ($4 \sigma_{i(p)}^2$ e $4 \sigma_{ii'}(p)$), e dadas por QUEIROZ (1969) à tabela 13.

b) Estimativas das variâncias e covariâncias fenotípicas entre plantas, para o caráter "i". A estimativa desta variância equivale a:

$$\hat{\sigma}_{i(F)}^2 = \hat{\sigma}_{i(p)}^2 + \hat{\sigma}_{i(e)}^2 + \hat{\sigma}_{i(d)}^2$$

Para os caracteres "i" e "i'" a estimativa desta covariância vem a ser:

$$\hat{\sigma}_{ii'}(F) = \hat{\sigma}_{ii'}(p) + \hat{\sigma}_{ii'}(e) + \hat{\sigma}_{ii'}(d)$$

Os componentes $\hat{\sigma}_{i(p)}^2$ e $\hat{\sigma}_{ii'}(p)$ são dadas por QUEIROZ (1969) à tabela 13, do seu trabalho, A tabela 3 desse trabalho, por sua

vez, dá as estimativas $\hat{\sigma}_{i(d)}^2$ e $\hat{\sigma}_{ii'(d)}$. Como o referido autor não fornece diretamente as estimativas referentes aos erros experimentais de parcelas ($\hat{\sigma}_{i(e)}^2$ e $\hat{\sigma}_{ii'(e)}$), estas foram obtidas por subtração, conforme segue:

$$\hat{\sigma}_{i(e)}^2 = r \left[\hat{\sigma}_{i(F)}^2 - \hat{\sigma}_{i(p)}^2 - \frac{\hat{\sigma}_{i(d)}^2}{rk} \right]$$

$$\hat{\sigma}_{ii'(e)} = r \left[\hat{\sigma}_{ii'(F)} - \hat{\sigma}_{ii'(p)} - \frac{\hat{\sigma}_{ii'(d)}}{rk} \right]$$

Nestas expressões, "r" e "k" são o número de repetições usadas no ensaio e o número de plantas estudadas por parcela, respectivamente. $\hat{\sigma}_{i(F)}^2$, por sua vez, é a variância fenotípica entre médias de progênies, para o caráter "i" e $\hat{\sigma}_{ii'(F)}$ a covariância fenotípica entre médias de progênies para os caracteres "i" e "i'", dadas à tabela 10 de seu trabalho.

A validade das expressões acima pode ser facilmente verificada, pois:

$$\hat{\sigma}_{i(F)}^2 = \hat{\sigma}_{i(p)}^2 + \frac{\hat{\sigma}_{i(e)}^2}{r} + \frac{\hat{\sigma}_{i(d)}^2}{rk}, \text{ e}$$

$$\hat{\sigma}_{ii'(F)} = \hat{\sigma}_{ii'(p)} + \frac{\hat{\sigma}_{ii'(e)}}{r} + \frac{\hat{\sigma}_{ii'(d)}}{rk}$$

c) As estimativas das variâncias e covariâncias fenotípicas entre médias de progênies, respectivamente $\hat{\sigma}_{i(F)}^2$ e $\hat{\sigma}_{ii'(F)}$, já mencionadas anteriormente.

d) Estimativas das variâncias e covariâncias dentro das progênies, ou seja, $\hat{\sigma}_{i(d)}^2$ e $\hat{\sigma}_{ii'(d)}$, já citadas anteriormente.

Todas essas estimativas foram obtidas por QUEIROZ (1969) separadamente para progênies provenientes de sementes amarelas e provenientes de sementes brancas do Composto Intervarietal estudado. Elas compõem, conforme já frisado, o material básico do presente trabalho.

4. MÉTODOS

Os índices de seleção considerados no presente trabalho foram do tipo:

$$I_j = b_p(P)_j + b_{NGT}(NGT)_j + \dots + b_{AP}(AP)_j$$

em que $b_p, b_{NGT}, \dots, b_{AP}$ são coeficientes e $(P)_j, (NGT)_j, \dots, (AP)_j$ observações fenotípicas dos caracteres mensurados no indivíduo "j".

A maximização da correlação entre o índice "I" (que mede o mérito fenotípico global da planta "j") e o mérito genotípico (aditivo) - global do indivíduo "j" (" H_j ") leva ao seguinte sistema global de equações:

(SMITH, 1936; BRIM, et al, 1959; HENDERSON, 1963)

$$GA = FB, \text{ ou seja,}$$

Variâncias e covariâncias genéticas aditivas

$$\begin{bmatrix} \sigma_{P(A)}^2 & \sigma_{P,NGT(A)} & \dots & \sigma_{P,AP(A)} \\ \sigma_{NGT,P(A)} & \sigma_{NGT(A)}^2 & \dots & \sigma_{NGT,AP(A)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{AP,P(A)} & \sigma_{AP,NGT(A)} & \dots & \sigma_{AP(A)}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_p \\ a_{NGT} \\ \vdots \\ a_{AP} \end{bmatrix} =$$

Variâncias e covariâncias fenotípicas

$$\begin{bmatrix} \sigma_{P(F)}^2 & \sigma_{P,NGT(F)} & \dots & \sigma_{P,AP(F)} \\ \sigma_{NGT,P(F)} & \sigma_{NGT(F)}^2 & \dots & \sigma_{NGT,AP(F)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{AP,P(F)} & \sigma_{AP,NGT(F)} & \dots & \sigma_{AP(F)}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_p \\ b_{NGT} \\ \vdots \\ b_{AP} \end{bmatrix}$$

se forem incluídos todos os caracteres aqui estudados, ou seja, P,NGT,

PS₁₀₀, NG/F, NF, AE, AP. Conforme pode ser visto, a matriz G contém as variâncias e covariâncias genéticas aditivas e a matriz F as variâncias e covariâncias fenotípicas.

Neste sistema de equações os pesos "a" (elementos da matriz A) devem ser tomados segundo um critério pre-estabelecido, que, em geral, depende do valor econômico de cada caráter. No presente trabalho, os valores dos pesos "a" foram dados obedecendo o que foi sugerido por ROBINSON et al (1951), visto ser difícil, por exemplo, avaliar o valor econômico de caracteres associados à arquitetura da planta. Segundo estes autores, o peso "a" para a produção de grãos recebe o valor um e o peso dos demais caracteres o valor zero. Como um índice pode conter um maior ou menor número de caracteres, empregou-se, ainda, o critério de incorporar os caracteres progressivamente, além da produção.

Os coeficientes "b" (elementos do vetor B), que constituem o índice, foram obtidos pela resolução do sistema $GA=FB$.

Entre os diversos índices possíveis considerou-se melhor para o melhoramento do milho aquele que:

- 1) Se usado na seleção desse um progresso esperado na produção maior do que o que se obteria praticando seleção somente para este caráter;
- 2) Se usado na seleção não afetaria substancialmente a arquitetura da planta, na geração seguinte.

Usou-se como critério seletivo a seleção massal e a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos. Desse modo, estimaram-se os índices apropriados para cada esquema de seleção. Isto foi feito inserindo-se na matriz F as variâncias e covariâncias fenotípicas correspondentes, e a matriz G as variâncias e covariâncias aditivas.

Assim, tratando-se da seleção massal, a matriz F foi construída com as variâncias e covariâncias fenotípicas entre plantas ($\sigma_i^2(F)$ e $\sigma_{ii}(F)$). No caso da seleção entre progênies os elementos da matriz F foram as variâncias e covariâncias fenotípicas entre médias de progênies ($\sigma_i^2(\bar{F})$ e $\sigma_{ii}(\bar{F})$). Para a seleção dentro das progênies estes elemen-

tos foram as variâncias e covariâncias fenotípicas dentro das progênes - ($\sigma_{i(d)}^2$ e $\sigma_{ii:(d)}$).

A eficiência de um índice foi avaliada pela comparação dos progressos esperados na seleção. Assim se $\Delta_{GP(I)}$ é o progresso esperado na produção selecionando-se por meio de um índice, e $\Delta_{GP(P)}$ o progresso esperado selecionando-se somente para produção, o índice é julgado eficiente quando:

$$\Delta_{GP(I)} > \Delta_{GP(P)}$$

Para estimar os progressos, tomou-se:

$$\Delta_{GP(P,m)} = \frac{k(1/2) \sigma_{P(A)}^2}{\sigma_{P(F)}^2},$$

que é o progresso esperado na produção pela seleção massal sobre este caráter e:

$$\Delta_{GP(I,m)} = \frac{k(1/2) \text{COV}_{I,P(A)}}{\sigma_{I(F)}}$$

o progresso esperado na produção se a seleção é feita de modo massal, através do índice.

Do mesmo modo, conforme mostrado por QUEIROZ (1969),

$$\Delta_{GP(P,f)} = \frac{k_1(1/8) \sigma_{P(A)}^2}{\sigma_{P(\bar{F})}} + \frac{k_2(3/8) \sigma_{P(A)}^2}{\sigma_{P(d)}}$$

é o progresso esperado com a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos (EDFMI) baseada na produção. Semelhantemente,

$$\Delta_{GP(I,f)} = \frac{k_1(1/8) \text{COV}_{I,P(A)}}{\sigma_{I(F)}} + \frac{k_2(3/8) \text{COV}_{I,P(A)}}{\sigma_{I(d)}}$$

(VENCOSVSKY, 1974)*

É o progresso esperado com este processo seletivo empregando-se o índice.

* Informação pessoal.

Nestas expressões, k , k_1 e k_2 são os diferenciais de seleção expressos em unidades do desvio padrão. Tomou-se: $k=k_1=k_2 = 1,75$ (seleção de 10%); $\sigma^2_{P(A)}$ é a variância genética aditiva para a produção de grãos, e

$$\sigma^2_{P(F)} = \sigma^2_{P(p)} + \sigma^2_{P(e)} + \sigma^2_{P(d)}$$

estima a variância fenotípica da produção, entre indivíduos, conforme já mencionado.

$COV_{I,P(A)}$ é a covariância aditiva entre o índice e a produção, a qual é obtida por:

$$COV_{I,P(A)} = \begin{bmatrix} \sigma^2_{P(A)} & \sigma_{P,NGT(A)} & \dots & \sigma_{P,AP(A)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_p \\ b_{NGT} \\ \vdots \\ b_{AP} \end{bmatrix}$$

se o índice contiver todos os caracteres, além da produção. Se ele for baseado num número menor de caracteres, consideram-se só as covariâncias genéticas aditivas da produção com estes caracteres, além de $\sigma^2_{P(A)}$, no vetor linha mostrado na expressão da $COV_{I,P(A)}$. O vetor coluna, por sua vez, só conterá, neste caso, os coeficientes "b" dos caracteres em questão.

$\sigma^2_{I(F)}$ é a variância fenotípica do índice, que se obtém por:

$$\sigma^2_{I(F)} = \begin{bmatrix} b_p & b_{NGT} & \dots & b_{AP} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma^2_{P(F)} & \sigma_{P,NGT(F)} & \dots & \sigma_{P,AP(F)} \\ \sigma_{NGT,P(F)} & \sigma^2_{NGT(F)} & \dots & \sigma_{NGT,AP(F)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{AP,P(F)} & \sigma_{AP,NGT(F)} & \dots & \sigma^2_{AP(F)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_p \\ b_{NGT} \\ \vdots \\ b_{AP} \end{bmatrix}$$

se o índice for baseado em todos os caracteres. Sendo baseado em apenas -

alguns dos caracteres, excluem-se, das últimas matrizes, todos os elementos (valores "b", variâncias e covariâncias) referentes aos caracteres não incluídos no índice.

O significado das variâncias $\sigma_{P(F)}^2$ e $\sigma_{P(d)}^2$ já foi dado anteriormente.

A variância $\sigma_{I(F)}^2$ é determinada do mesmo modo como $\sigma_{I(F)}^2$, empregando-se a matriz de variância e covariâncias fenotípicas, entre médias de progênes, na expressão de $\sigma_{I(F)}^2$ dada.

Para obter $\sigma_{I(d)}^2$ segue-se também o mesmo procedimento trocando-se a matriz anterior por aquela formada pelas variâncias e covariâncias fenotípicas dentro das progênes.

Para avaliar a influência da seleção baseada no índice sobre caracteres como a altura da planta (AP) e altura da espiga (AE), estimou-se a modificação esperada na população, com relação a estes caracteres. Assim, tratando-se por exemplo da altura das plantas, esta resposta correlacionada foi estimada por:

$$\Delta_{GAP(I,m)} = \frac{k_1 (1/2) COV_{A(I,AP)}}{\sigma_{I(F)}}$$

no caso da seleção massal. Nesta expressão, $COV_{A(I,AP)}$ é a covariância genética aditiva entre o índice e a altura da planta, a qual é obtida de modo semelhante a $COV_{A(I,P)}$ descrita anteriormente.

Todas estas estimativas foram obtidas separadamente para os progênes provenientes de sementes amarelas e para as provenientes de sementes brancas. Utilizou-se tal procedimento para se poder avaliar o grau de repetibilidade dos resultados.

5. RESULTADOS

5.1. Índices de seleção

A tabela 13 mostra os coeficientes "b" dos diversos índices obtidos para a seleção massal, bem como os pesos "a" correspondentes. Os valores entre parêntesis referem-se às progênies provenientes de sementes brancas, e os demais às provenientes de sementes amarelas. Nota-se, nestes resultados, que para a produção de grãos os coeficientes foram sempre positivos, como era de se esperar. Para a altura da espiga e da planta os valores de "b" foram, por sua vez, predominantemente negativos. Para os caracteres componentes da produção destaca-se o número total de grãos, com coeficientes positivos na maioria dos índices. Contrasta com este resultado a negatividade dos valores "b" referentes ao número de grãos por fileira. Para o peso de cem sementes e o número de fileiras não houve muita concordância nos resultados, quando se comparam os referentes às progênies de sementes brancas com os referentes às de sementes amarelas.

A tabela 14 apresenta os coeficientes "b" dos índices obtidos para a seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos, bem como os respectivos pesos "a". Conforme pode ser visto, resolveu-se construir índices mais simples para este processo de seleção, por que a inclusão de muitos caracteres torna-os de difícil aplicação prática, neste sistema de seleção. Desse modo, construíram-se índices contendo, ora elementos componentes da produção, ora caracteres relacionados com o porte da planta. Nota-se pelos resultados, novamente, que os coeficientes "b" da produção de grãos sempre foram positivos assim como foram consistentemente negativos os da altura da planta e espiga. Foram inconsistentes os referentes ao número total de grãos e ao peso de cem sementes, quando se comprovam os dois tipos de progênies. Ademais, pode-se notar que os coeficientes "b" relativos às produções foram sempre maiores para a seleção entre progênies do que para a seleção dentro das progênies.

5.2. Progressos esperados na seleção baseada em índices.

Os progressos genéticos esperados, com a seleção massal baseada nos vários índices obtidos, são dados à tabela 16. Nesta são mostrados, também, as eficiências da seleção com índices em relação à seleção massal feita para a produção de grãos somente. Percebe-se, pelos resultados e em termos do progresso esperado, que a seleção com índices tendeu a ser igual ou superior à seleção sem índice. Nota-se também que a inclusão progressiva de caracteres proporcionou um aumento também progressivo da eficiência dos índices de seleção. O índice contendo a altura da espiga e da planta, além da produção, não se mostrou consistente quanto à sua eficiência, ao se comparar as progênies de sementes brancas com as de sementes amarelas.

Para a seleção entre e dentro de meios irmãos (Tabela 16) os índices mostraram, também, uma eficiência igual ou superior à seleção sem índices. Os resultados aí obtidos, referentes ao progresso esperado, concordam bastante com os referentes a seleção massal. Assim, para as progênies provenientes de sementes brancas, o índice baseado na produção de grãos, no número total de grãos e no peso de cem sementes não mostrou vantagem alguma; a produção de grãos e a altura da espiga e da planta constituíram um índice eficiente para este tipo de progênie. Para as progênies originadas de sementes amarelas os resultados foram, de um modo geral, contrários aos esperados com o outro tipo de progênie.

As tabelas 16, 17 e 18 mostram os efeitos esperados da seleção com os vários índices, sobre a altura da planta e da espiga. Por estes resultados, em resumo, percebe-se que o emprego destes índices de seleção, em termos de progresso esperado, tendem a diminuir estes caracteres relacionados ao porte da planta, na geração seguinte. Estas diminuições esperadas, porém, são muito mais pronunciadas nas progênies originadas de sementes brancas do que nas provenientes de sementes amarelas.

6. DISCUSSÃO

Para a construção de um índice de seleção é preciso ter conhecimento de uma série de parâmetros populacionais, referentes aos caracteres que nele serão incluídos. Destacam-se aí as variâncias e covariâncias fenotípicas e genéticas. Como em pesquisas aplicadas estes parâmetros são desconhecidos, é preciso lançar mão de estimativas dos mesmos.

Na estimação de um índice de seleção, é preciso ainda dar pesos relativos aos diversos caracteres, determinados a priori, que constituirão o mérito genotípico global de um dado indivíduo. Tais pesos podem ser atribuídos com relativa facilidade quando os caracteres tem, todos, um valor econômico. Neste caso pois, os pesos correspondem ao valor econômico relativo de cada um. Quando por outro lado não existe um valor econômico inerente a um dado caráter, não existe um critério sólido para sua escolha. ROBINSON et al (1951) sugeriram dar peso unitário para o caráter principal, como é o caso da produção de grãos, e o peso zero para os demais caracteres. A escolha adequada destes pesos, a inclusão de um maior ou menor número de caracteres num índice, e o emprêgo de estimativas de parâmetros, ao invés dos próprios parâmetros, são pois, aspectos de vital importância para se avaliar uma eventual vantagem do uso de índices de seleção no milho.

Considerando-se a estrutura dos índices, obtidos neste trabalho, ressalta a negatividade dos coeficientes "b" relativos à altura da planta e da espiga, o que reflete, em parte, a correlação genética negativa encontrada por QUEIROZ (1969), entre estes dois caracteres e a produção de grãos. Tal resultado foi um aspecto vantajoso dos índices encontrados, pois as plantas mais baixas e mais produtivas serão então as preferencialmente selecionadas. A natureza negativa dos coeficientes "b" referentes ao número de grãos por fileira, indica, por sua vez, que, na seleção, será dada preferência a espigas com menos grãos por fileira, ou seja, as espigas de grãos maiores. Isto foi evidenciado, apesar da correlação genética positiva detectada por QUEIROZ (1969), entre este caráter e

a produção de grãos. Pela sinal dos coeficientes b , ainda, verificou-se que o número total de grãos participa positivamente na escolha das melhores plantas, durante o processo seletivo.

A participação dos demais caracteres, componentes da produção, estudados (peso de cem grãos, e número de fileiras), nos índices, é de difícil discussão já que os mesmos entraram, ora com sinal positivo, ora negativo, dependendo do tipo de progênie.

De um modo geral, pode-se afirmar que o material utilizado no presente trabalho foi excelente justamente para averiguar a influência da amostragem sobre a estrutura dos índices. Isto porque as diferenças genéticas entre os dois tipos de progênies devem ter sido mais de natureza aleatória, fato alias corroborado pelas conclusões obtidas por QUEIROZ (1969). Assim a discordância do sinal dos coeficientes " b " para o peso de cem grãos e o número de fileiras, bem como o contraste das eficiências dos índices, ao se comparar os dois tipos de progênies, são seguramente consequência dos erros inerentes as estimativas iniciais utilizadas. Consequência destes erros são também alguns dos progressos genéticos encontrados, principalmente para a altura da planta e da espiga, os quais são exagerados. Dentre estes destacam-se as reduções esperadas no porte da planta, que chegam a trinta e tres centímetros, num só ciclo de seleção.

Estes aspectos referentes aos erros das estimativas mostram, evidentemente, uma das maiores desvantagens do uso prático desse tipo de índice, conclusão que concorda plenamente com as obtidas por SINGH e BELLMAN (1974).

Basicamente pode-se concluir que o emprego de índices, apropriadamente estimados, deve ser vantajoso para a seleção deste Composto de milho e, possivelmente, para as populações em geral. Seu emprego real e corrente pelo melhorista somente deverá ser cogitado para populações em estágios mais avançados de melhoramento, uma argumentação aliás, já feita por SPRAGUE (1967). Em tais circunstâncias poderia ser compensatório obter estimativas mais precisas dos parâmetros genéticos necessários,

7. RESUMO E CONCLUSÕES

A partir de estimativas de parâmetros populacionais previamente existentes, foram estimados índices para seleção em um Composto Dentado de milho, do Banco de Germoplasma do Departamento e Instituto de Genética, ESALQ, e tratou-se de verificar a eficiência deste método quando comparado com a seleção massal e a seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos.

Os parâmetros genéticos necessários foram obtidos por QUEIROZ (1969), em progênies provenientes de sementes amarelas e brancas do referido composto. Desse modo, tratou-se, também, de verificar a influência dessa amostragem de genótipos de uma mesma população, sobre a estrutura dos índices e sobre sua aplicabilidade prática.

Os índices foram obtidos a partir de sete caracteres, a saber: produção de grãos por planta (P); peso de cem sementes (PS_{100}); número total de grãos por espiga (NGT); número de grãos por fileira (NG/F); número de fileiras de grãos na espiga (NF); altura da espiga (AE) e altura da planta (AP).

Os valores econômicos relativos dos caracteres, necessários para a obtenção dos índices, foram dados segundo o seguinte critério: deu-se o valor um para a produção de grãos e o valor zero para os demais. Utilizou-se, ainda, o critério de incorporar caracteres, gradativamente, nos índices.

Foram estimados índices para a seleção massal e a seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. A eficiência dos mesmos foi avaliada comparando-se os progressos esperados na seleção com e sem índices, nos dois sistemas seletivos. Procurou-se, ainda, estimar a influência do emprego dos índices, na seleção, sobre caracteres relacionados com a arquitetura das plantas.

Dos resultados puderam ser tiradas as seguintes conclusões principais:

- a) O emprego de índices de seleção, na população estudada

ou em outras de estrutura semelhante, deve aumentar a eficiência do processo seletivo, que visa o aumento da produção de grãos.

b) Não houve evidências de que o emprego de índices, neste composto, venha a produzir uma população com plantas de porte desfavorável; pelo contrário.

c) A inclusão de um maior número de caracteres tendeu a aumentar a eficiência dos índices, se bem que isto os torna menos aplicáveis, na prática.

d) A principal limitação do emprego deste tipo de índices de seleção, para o melhoramento de populações de milho, é a obtenção prévia de estimativas suficientemente exatas dos parâmetros genéticos necessários para sua obtenção.

8. SUMMARY AND CONCLUSIONS

From estimatives of populational parameters previously existing, selection indexes on maize Dent Composite of Germoplasm Bank of Dept. and Institute of Genetic, ESALQ, were estimated and it was verified the efficiency of this method over mass selection and among and within half sib progenies selection.

Enough genetic parameters were obtained by QUEIROZ (1969) in progenies of yellow and white kernels of related Composite. Therefore, it was verified the influency of that genotype sample of the same population on the index structure on its practical applicability.

Indexes were obtained from seven characters: Total weight of kernels per plant (P); weight of hundred kernels (PS_{100}); number of kernel per plant (NGT); kernels per row (NG/F); kernel row number (NF); ear height (AE) and plant height (AP).

Relative economic values of character necessary to get indexes were given according to following criterion: it was given value one to Kernel production and value zero to others. It has still utilized the incorporation characters criterion in indexes gradatively.

It was estimated indexes for mass selection and among and within half sib progenies selection. The efficiency of them was avaliated comparing the expected progress in selection with and without indexes, in the two selective systems. It was tried to estimate the influence on the use of indexes in selection on characters related to plant architecture. From results it was possible to get the following main conclusions:

a) The use of selection indexes in the studied population or in others that have similar structure, may increase the efficiency of the selective process that has the objective to increase the kernel production.

b) There is no evidence that the indexes come to produce a population with desfavorable size plants, in this Composite; on the contrary.

c) The inclusion of higher number of characters has tendency to increase the efficiency of indexes, although it becomes less in practical applicability.

d) The main limitation of the use of this type of selection indexes in the previous obtainment of sufficiently exact estimatives of genetic parameters necessary to its obtainment, in corn population breeding.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAM, T.P.; W.T. BUTANY e R.L.M. GHOSH (1954) Discriminant function -
for varietal selection in rice. Indian J. Genet. PL. Breed. 14:51-53.
- AYRES, F. (1971) Matrizes. Mc Graw-Hill do Brazil Ltda. 280 pp.
- BINET, F.E. (1965) On the construction of an index for indirect selection.
Biometrics 21:291-299.
- BRIM, C.A.; H.W. JOHNSON e C.C. COCKERHAM (1969) Multiple selection cri-
teria in soybeans. Agr. J. 51:42-46.
- BYTH, D.E.; B.E. CALDWELL e C.R. WEBER (1965) Specific and non-specific -
index selection in soybeans, (Glycine max, L. Merrill). Crop Sci. -
9:702-705.
- CALDWELL, B.E. e C.R. WEBER (1965) General, Average and specific selec-
tion indices for yield in F_4 and F_5 soybeans populations. Crop Sci
5:223-226.
- _____, _____, e D.E. BITH (1966) selection value of pheno-
typic attributes in soybeans. Crop Sci. 6:249-251.
- COCKERHAM, C. (1963) Estimation of genetic variances in W.D. HANSON e H.
F. ROBINSON (ED) statistical genetics and plant breeding. publ 982.
Nat'l. Acad. Sci. - Nat'l. Res. Council. Washington D.C. pp. 53-93.
- DOOLITTLE, D.P.; S.P. WILSON e L.L. HULBER (1972) A comparison of multi-
ple trait selection methods in the mouse. J. Hered. 63:366-372.
- ELGIN, J.H.; R.R. HILL e K.E. ZEIDERS (1970) Comparison of four methods -
of multiple trait selection for five traits in alfafa. Crop Sci. 10:
190-193.
- ELSTON, R.C. (1963) A Weight-free index for the purpose of ranking or -
selection with respect to several traits at a time. Biometrics 19:
85-97.

- FALCONER, D.S. (1970) Introduccion a la genetica quantitativa. Compañia Editorial Continental S.A. 430 pp.
- FINNEY, D.J. (1962) Genetic Gains under three methods of selection. *Genetical Research*. 3:417-423.
- GARDNER, C.O. (1963) Estimates of Genetic Parameters in cross-fertilizing plants and their implications in plant breeding. IN: W.D. HANSON & H. F. ROBINSON (ED.) *Statistical genetics and plant breeding*. 982. Nat'l. Acad. Sci. Nat'l. Res. Council, Washington, D.C. P.P. 225-248.
- GOMES, R.F. (1959) Analise multivariada aplicada a competições de produção de milho. Tese. Escola Superior de Agricultura da Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 56 pp.
- GOODMAN, M.M. (1965) Estimates of genetic variance in adapted and exotic populations of maize. *Crop Sci*. 5:87-90.
- HALLAUER, A.R. e J.A. WRIGHT (1967) Genetic variances in the open-pollinated variety of maize, Iowa Ideal. *Zuchter* 37:178-185.
- HANSON, W.D. e H.W. JOHNSON (1957) Methods for calculating and evaluating, a general selection index obtained by pooling information from two or more experiments. *Genetics* 42:421-432.
- HARRIS, D.L. (1961) A Monte Carlo Study of the influence of errors of parameter estimation upon index selection. *Biometrics* 17:501-502. Abstract.
- _____ (1963) Influence of erros of parameter estimation upon index selection. IN: W.D. HANSON E H.F. ROBINSON (Ed.) *Statistical Genetics and plant breeding*. Publ. 982. Nat'l. Acad. Sci. Nat'l. Res. Council. Washington D.C. pp. 491-500.
- _____ (1964) Expected and predicted progress from index selection involving estimates of population parameters. *Biometrics* 20:46-72.
- HATFIELD, A.L.; G.R. BENOIT e J.L. RAGLAND (1965) The growth and yield of corn. IV. Environmental effects on grain yield components of mature ears. *Agr. J.* 57:293-296.

- HAZEL, L.N. (1943) The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetica* 28:476-490.
- _____, e J.L. LUSH (1943) The efficiency of three methods of selection. *J. Hered.* 33:393-399.
- HEIDHUES, T. (1961) Relative accuracy of selection indices based on estimated genotypic and phenotypic parameters. *Biometrics* 17:502. Abstract.
- HENDERSON, C.R. (1963) Selection index and expected genetic advance in: W.D. Hanson e H.F. Robinson (ED.) *Statistical genetics and plant breeding*. Publ. 982. Nat'l Acad. Sci - Nat'l. Res. Council. Washington D. C. pp. 141-163.
- JOHNSON, H.W.; H.F. ROBINSON e R.E. COMSTOCK (1955) Genotypic and phenotypic correlations in soybeans and their implications in selection. *Agr. J.* 47:477-483.
- KEMPTHORNE, O. (1957) *An introduction to genetic statistics*. John Wiley and Sons. New York 545 pp.
- LAIBLE, C.A. e V.A. DIRKS (1968) Genetic variances and selective value of ear number in corn (Zea mays L.) *Crop Sci.* 8:540-543
- LENG, E.R. (1963) Component analysis in inheritance studies of grain yield in maize. *Crop. Sci.* 3:187-190.
- LINDSEY, M.F., J.H. LONNQUIST e C.O. GARDNER (1962) Estimates of genetic variance in open-pollinated varieties of cornbelt corn. *Crop Sci.* 2: 105-108.
- MANNING, H.L. (1955) Response to selection for yield in Cotton. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 20:103-110.
- _____. (1956) Yield improvement from a selection index technique with Cotton. *Heredity* 10:303-322.
- _____. (1963) Realized yield improvement for twelve generations of progeny selection in a variety of Upland Cotton. IN: W.D. Hanson e H. F. Robinson (ED.) *Statistical genetics and plant breeding*. Publ. 982. Nat'l Acad. Sci-Nat'l. Res. Council. Waswington, D.C. pp. 329-349.

- MARTIN, G.O., e R.A. SALVIOLI (1973) A study of the association between yield components and a Selection Index in Maize (Zea mays, L.) Plant Breeding Abstract 43 Abstract 264.
- MILLER, P.A.; J.C. WILLIAMS; H.F. ROBINSON & R.E. COMSTOCK (1958) Estimated of genotypic and environmental variances and covariances in upland Cotton and their implications in selection. Agr. J. 50:126-31.
- MURTY, G.S. e M.V. PAVATE (1962) Studies on quantitative inheritance in Nicotiana tabacum L., I. varietal classification and selection by multivariate analysis. Indian J. Genet. Pl. Breed. 22:68-77.
- OKADA, I., e R.T. HARDIN (1967) An experimental examination of restricted selection index, using Tribolium castaneum. I. The results of two-way selection. Genetics 57:227-236.
- PARODA, R.S. e A.B. JOSHI (1970) Correlations, path-coefficients and the implication of discriminant functions for selection in wheat (Triticum aestivum L.) Heredity 26:383-392.
- QUEIROZ, M.A. de (1969) Correlações genéticas e fenotípicas em progênies de meios irmãos de milho (Zea mays, L.) e suas implicações com o melhoramento. Tese de M.S. E.S.A. "Luiz de Queiroz", Piracicaba-S.P. 71 pp.
- ROBINSON, H.F.; R.E. COMSTOCK e P.H. HARVEY (1951) Genotypic and phenotypic correlation in corn and their implications in selection Agr. J. 43:282-287.
- SCHINBERG, E.; A.E. BELL e V.L. ANDERSON (1967) Genetic gain in populations of Tribolium castaneum under uni-stage tandem selection and under restricted selection indices. Genetics 55:69-90.
- SEARLE, S.R. (1965) The value of indirect selection: I. Mass selection - Biometrics 21:682-707.
- SEN, B.K. e A. ROBERTSON (1964) An experimental examination of methods for the simultaneous selection of two characters using Drosophila melanogaster. Genetics 50:199-202.

- SINGH, R.F. e K. BELLMANN (1972) Problems of generalization of selection indices. *Theoretical and applied genetics* 42:331-334.
- (1974) Evaluation of selection indices under various parameter combinations in simulated genetic populations. *Theoretical and applied genetics* 44:63-68.
- SMITH, H.F. (1936) A discriminant function for plant selection. *ANN. Eugen.* 7:240-250.
- SMITH, W.B. e R.C. PFAFFENBERGER (1970) Selection index estimation from partial multivariate normal data. *Biometrics*. 26:625-639.
- SFRAGUE, G.F. (1967) Quantitative genetics in Plant Improvement. In: K. J. Frey (ed.) *Plant Breeding*. The Iowa State Univ. Press. Iowa. USA.
- SUBANDI, W.A.; A. COMPTON e L.T. EMPIG (1973) Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop. Sci.* 13:184-186.
- SWARUP, V. e D.S. CHAUGALE (1962) Studies on genetic variability in sorghum. II. Correlation of some important quantitative characters contributing towards yield and application of some selection indices for varietal selection. *Indian J. Genet. Pl. Breed.* 22:37-44.
- TANG, W.T. (1963) Studies on a selection index for hybrid progenies on soybean. *Pl. Breed. Abstr.* 33:5305.
- VENCOVSKY, R. (1969) *Genética Quantitativa*. In W.E. KERR, *Melhoramento e Genética*. Editora da Universidade de S. Paulo pp. 17-38.
- VLECK, L.D. van (1970) Index selection for direct and maternal genetic components of economic traits. *Biometrics* 26:477-483.
- WALLACE, A.T.; G.K. MIDDLETON; R.E. COMSTOCK e H.F. ROBINSON (1954) Genotypic variances and covariances of six quantitative characters in oats. *Agron. J.* 46:484-488.

WILLIAMS, J.C.; L.H. PENNY e G.F. SPRAGUE (1965). Full-Sib and Half-sib estimates of genetic variance in a open-pollinated variety of corn, (Zea mays, L.) Crop Sci. 5:125-129.

WILLIAMS, J.S. (1962a) Some statistical properties of a genetic selection index. Biometrika 49:325-337.

 (1962b) The evaluation of a selection index. Biometrics 18:375-393.

WOLFF, F. de (1972) Mass selection in maize composites by means of selection indices. Mededelingen landbouwhogeshool. Wageningen 72:80 pp.

YOUNG, S.S.Y. (1961) A Further examination of the relative efficiency of three methods of selection for genetic gains under less-restricted conditions Genetical Research. 2:106-121.

TABELAS

ABREVIATURAS:

- P -- Peso total de grãos por planta em gramas
- NGT -- Número de grãos totais por planta
- PS₁₀₀ -- Peso de 100 sementes em gramas
- NG/F -- Número de grãos por fileira da espiga principal
- NF -- Número de fileiras de grão da espiga principal
- AE -- Altura da espiga em metros
- AP -- Altura da planta em metros

TABELA 6 -- Progenies amarelas, Composto Dentado. Estimativas, ao nível de plantas, das variâncias fenotípicas (dispostas na diagonal) e covariâncias fenotípicas (acima da diagonal) entre caracteres. (Extraído de QUEIROZ, 1969).

CARACTERES	P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP
P	1248.3531	3380.3682	108.0989	153.0326	15.0769	1.1259	1.5641
NGT		14777.3259	165.9391	500.9663	102.2153	3.5004	2.5438
PS ₁₀₀			32.5018	0.8429	2.8725	0.0155	0.0716
NG/F				40.9775	1.3022	0.1695	0.2075
NF					2.8877	0.0044	0.0105
AE						0.0442	0.0318
AP							0.0458

TABELA 7 - Progenies amarelas, Composto Dentado. Estimativas das variâncias genéticas aditivas (dispostas na diagonal), e das covariâncias genéticas aditivas (acima da diagonal), para os vários caracteres estudados. (Extraído de QUEIROZ, 1969).

CAPACTERES	P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP
P	406.6788	671.0880	38.1554	22.3052	5.4636	-0.2512	-0.3008
NGT		4326.5177	-123.9828	97.7320	65.2112	3.5920	2.3580
PS ₁₀₀			14.2848	-3.6760	-2.1080	-0.1860	-0.1460
NG/F				8.8672	-0.5104	0.1468	0.1264
NF					1.5459	0.0176	-0.0060
AE						0.0396	0.0372
AP							0.0460

TABELA 8 - Progenies amarelas; Composto Dentado. Estimativas das variâncias fenotípicas (dispostas na diagonal), e covariância fenotípicas (acima da diagonal), entre caracteres, dentro de progênes. (Extraído de QUEIROZ, 1969).

CARACTERES	P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP
P	1405.8678	2792.6122	68.9194	120.2767	12.8018	0.4847	0.4453
NGT		12593.0045	-152.5102	421.4857	85.4451	1.5984	0.9051
PS ₁₀₀			23.6090	-1.8707	-2.3638	-0.0126	0.0321
NG/F				34.7935	-1.2416	0.0732	0.0515
NF					2.5776	0.0068	0.0020
AE						0.0251	0.0121
AP							0.0199

TABELA 9 - Progenies brancas; Composto Dentado. Estimativas ao nível de plantas, das variâncias fenotípicas (dispostas na diagonal), e das covariâncias fenotípicas (acima da diagonal), entre caracteres. (Extraído de QUEIROZ, 1969).

CARACTERES	P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP
P	1947.9175	3709.3026	102.3882	159.4291	10.6306	1.5194	1.9623
NGT		17764.7715	-248.5556	528.3310	107.8696	5.8520	5.5414
PS ₁₀₀			34.3766	-2.2947	-3.4442	-0.0381	0.0287
NG/F				41.2853	-1.2656	0.1983	0.2630
NF					3.0214	0.0194	0.0096
AE						0.0489	0.0369
AP							0.0514

TABELA 10 -- Progenies brancas, Composto Dentado. Estimativas das variâncias genéticas aditivas (dispostas na diagonal), e das covariâncias genéticas aditivas (acima da diagonal), para os diversos caracteres estudados. (Extraído de QUEIROZ, 1969).

CARACTERES	P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP
P	327.3996	664.0944	12.6216	21.9940	3.2952	-0.9292	-1.0088
NGT		6095.3140	-208.0544	-4.2996	-2.4296	-0.3852	-0.4232
PS ₁₀₀			11.7072	133.4904	60.8268	5.6312	5.2256
NG/F				6.1014	0.3920	0.0448	0.0464
NF					1.2980	0.0608	0.0504
AE						0.0548	0.0540
AP							0.0668

TABELA 11 -- Progenies brancas: Composto Dentado. Estimativas das variâncias fenotípicas (dispostas na diagonal), e covariâncias fenotípicas (acima da diagonal), entre caracteres, dentro de progenies, (Extraído de QUEIROZ, 1969).

CARACTERES	P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP
P	1545.4010	3153.8237	72.5060	127.6267	9.1426	0.8786	0.7745
NGT		15533.0742	-204.5869	448.1220	90.6596	3.1962	1.9812
PS ₁₀₀			25.7473	-2.2658	-2.6830	-0.0087	0.0516
NG/F				36.5984	-1.6105	0.0874	0.1014
NF					2.7116	0.0035	-0.0033
AE						0.0275	0.0146
AP							0.0223

TABELA 12 - Estimativas dos coeficientes "b", obtidos a partir dos pesos "a", dados aos diferentes caracteres, para a construção dos respectivos índices de seleção, referentes à seleção massal. Os valores entre parênteses correspondem às progênies brancas e os restantes às amarelas. Composto Dentado.

^a P	^a NGT	^a PS100	^a NG/F	^a NF	^a AE	^a AP	^b p	^b NGT	^b PS100	^b NG/F	^b NF	^b AE	^b AP
1	0	0	...	...	...	...	0.0986 (0.1964)	0.0341 (-0.0071)	1.0079 (-0.2719)	...	...	...	...
1	0	0	0	...	...	...	0.1098 (0.2120)	0.0454 (-0.0035)	1.0303 (-0.3036)	-0.3987 (-0.2582)	...	...	...
1	0	0	0	0	...	...	0.1004 (0.2119)	0.0308 (0.0037)	1.1057 (-0.3053)	0.1426 (-0.2543)	1.2940 (0.0228)	...	...
1	0	0	0	0	0	...	0.1060 (0.2167)	0.0323 (0.0054)	1.0820 (-0.3017)	-0.1434 (-0.2721)	1.2035 (-0.1576)	-10.1278 (-25.4471)	...
1	0	0	0	0	0	0	0.1110 (0.2242)	0.0260 (0.0033)	1.1013 (-0.2997)	-0.0468 (-0.2192)	1.5431 (-0.1156)	0.1673 (-11.1566)	-14.0108 (-19.2197)
1	...	...	...	...	0	0	0.2317 (0.1960)	...	...	...	...	(-2.3640) (-10.1154)	-12.8377 (-19.8462)

TABELA 13 - Estimativas dos coeficientes "b" obtidos a partir dos pesos "a" dados aos diferentes caracteres para a construção do respectivo índice de seleção, referentes à seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos. Os valores entre parênteses correspondem às progênies brancas e os demais as amarelas.

Composto Dentado.

	a_P	a_{NGT}	a_{PS100}	$a_{NG/F}$	a_{NF}	a_{AE}	a_P	b_P	b_{NGT}	b_{PS100}	$b_{NG/F}$	b_{NF}	b_{AE}	b_{AP}
Entre	1	0	0	...	...	...	0.5454 (1.5442)	0.0334 (-0.0400)	6.3209 (-1.8775)	...	...	...	...	...
Dentro	1	0	0	...	...	...	0.1302 (0.2540)	0.0427 (-0.0131)	1.5138 (-0.3292)	...	...	...	...	...
Entre	1	...	...	...	...	0	1.6273 (1.3951)	...	...	...	...	...	-19.9234 (-10.0764)	-59.3551 (-48.7638)
Dentro	1	...	...	...	...	0	0.2973 (0.2436)	...	...	...	...	...	-7.4414 (-19.9856)	-17.2731 (-40.7304)

TABELA 14 - Seleção massal. Produção de grãos. Progressos esperados ($\Delta GP(I, m)$; g/planta), com o emprego dos índices obtidos com os pesos "a" e suas eficiências (ER%), em relação à seleção sem índices. Composto Dentado.

		"a"					Progênie amarelas		Progênie brancas	
P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP	ΔGP	ER%	ΔGP	ER%
1	0	0	***	***	***	***	8.88	106.7	6.54	100.1
1	0	0	0	***	***	***	8.98	108.6	6.62	102.1
1	0	0	0	0	***	***	9.08	109.6	6.64	102.4
1	0	0	0	0	0	***	9.26	111.8	8.20	126.4
1	0	0	0	0	0	0	9.42	113.8	8.59	132.3
1	***	***	***	***	0	0	8.70	105.1	8.68	133.7

TABELA 15 - Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. Produção de grãos. Progressos esperados ($\Delta GP(I, f)$; g/planta) com emprego dos índices obtidos com os pesos "a" e suas eficiências (EF%) em relação à seleção sem índices. Composto Dentado.

		"a"				Progênes amarelas			Progênes brancas		
	P	NGT	PS ₁₀₀	AE	AP	$\Delta GP(I, f)$	EF%	$\Delta GP(I, f)$	EF%	$\Delta GP(I, f)$	EF%
Entre	1	0	0	***	***	5.73	106.4	4.67	100.7		
Dentro	1	0	0	***	***	7.75		5.50			
Entre	1	***	***	0	0	5.68	103.4	4.96	125.8		
Dentro	1	***	***	0	0	7.42		7.75			

TABELA 16 - Seleção massal. Altura da planta. Progressos esperados (Δ GAP(I, m); em metros) com emprego dos índices obtidos com os pesos "a". Composto Dentado.

"a"		Progênes amarelas (Δ GAP)				Progênes brancas (Δ GAP)	
P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP	
1	0	0	...	...	...	...	-0.19
1	0	0	0	...	...	...	-0.21
1	0	0	0	0	...	...	-0.21
1	0	0	0	0	0	...	-0.30
1	0	0	0	0	0	0	-0.33
1	...	...	...	...	0	0	-0.23

TABELA 17 - Seleção massal. Altura da espiga. Progressos esperados $\Delta GAE(I, m)$ (em metros) com emprego dos índices obtidos com os pesos "a", Composto Dentado.

		"a"							
P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	ΔE	AP	Progenies amarelas (ΔGAE)	Progenies brancas (ΔGAE)	
1	0	0	...	...	...	...	-0.01	-0.20
1	0	0	0	...	...	...	-0.01	-0.22
1	0	0	0	0	...	...	-0.01	-0.22
1	0	0	0	0	0	...	-0.04	-0.31	
1	0	0	0	0	0	0	-0.05	-0.32	
1	...	...	...	...	0	0	-0.06	-0.19

TABELA 18 -- Seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. Altura da planta (AP) e altura da espiga (AE). --
 Progressos esperados (ΔG , em metros), com emprego dos índices obtidos com os pesos "a", nas duas etapas da seleção (entre e dentro de progênies), e no total. Composto Dentado.

		"a"		Progênies amarelas				Progênies brancas				
				ΔG				ΔG				
P	NGT	PS ₁₀₀	NG/F	NF	AE	AP	Entre	Dentro	Total	Entre	Dentro	Total
AP	1	0	0	...	...	...	-0.0075	-0.0029	-0.0104	-0.12	-0.15	-0.27
	1	...	...	...	0	0	-0.0200	-0.0200	-0.0400	-0.05	-0.06	-0.11
AE	1	0	0	...	...	...	-0.0028	-0.0029	-0.0057	-0.12	-0.16	-0.28
	1	...	...	...	0	0	-0.0200	-0.0100	-0.0300	-0.04	-0.05	-0.09