MELHORAMENTO GENÉTICO DO MILHO DOCE (*Zea mays* L.)

JOAQUIM APARECIDO MACHADO

Orientador: DR. JOÃO RUBENS ZINSKY

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Março - 1980

GRATIDÃO E DEDICATÓRIA

*À meus pais, que um dia ousaram sonhar,
quando tantos apenas dormiam.*

*À Rosana, a partir de quem
tudo fez mais sentido.*

AGRADECIMENTOS SINCEROS

- Dr. João Rubens Zinsly, amigo e orientador.
- Dr. Ernesto Paterniani.
- Dr. Isaías O. Geraldi.
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).
- Dr. Urbano Campos Ribeiral (Sementes Agrocere S.A.).
- Ayrton e Sônia Raser.
- Érica e Gerda Spruck.

À velha ESALQ e à velha TURMA:

NANDÃO, PETER, ALFREDÃO, MINEIRO, JORGE,
POZAR, CASCÃO, SEU PEDRO, WALTER, PELUDO,
SERRANO (DIABO) e PRIMO AMARAL,

com muita saudade ...

JOAQUIM APARECIDO MACHADO, filho de Joaquim Ma
chado e Clotilde Nogueira Machado, nasceu em Santa Bárbara
D'Oeste, SP, em 16.06.1952. Completou o curso Científico em
1970, no Instituto de Educação Presidente Kennedy, em America
na, SP. Em 1973 ingressou na Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba,
SP, graduando-se em Engenharia Agrônômica no ano de 1976.
Em 1977 iniciou o Curso de Pós-Graduação em Genética e Melho-
ramento de Plantas, do Instituto de Genética da ESALQ/USP, vi
sando a obtenção do título de M.S. em Genética e Melhoramento
de Plantas.

Em abril de 1979 foi contratado por Sementes
Agroceres S/A. para exercer as funções de Melhorista de Mi-
lho.

ÍNDICE

	<u>página</u>
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	5
3. REVISÃO DE LITERATURA	7
3.1. Origem do milho doce	7
3.2. Características do gen "sugary-1"	9
3.3. Melhoramento do milho doce	12
3.4. Hibridação intervarietal	19
3.5. Método do retrocruzamento	22
3.6. Metodologia de análise	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Material	24
4.2. Métodos	26
4.2.1. Modelo matemático	29
4.2.2. Detalhamento das técnicas de análise estatística	31
4.2.2.1. Método dos quadrados mínimos .	31
4.2.2.2. Cálculo da correlação entre comprimento da palha x extensão dos danos causados pela lagarta da espiga	38
5. RESULTADOS	41
6. DISCUSSÃO	44

7.	CONCLUSÕES	55
8.	SUMMARY	57
9.	LITERATURA CITADA	61
	QUADROS E TABELAS	68

LISTA DE QUADROS E TABELAS

página

QUADRO 1. Método dos Quadrados Mínimos. Modelo matricial utilizado no estudo de Componentes de Médias. Piracicaba, 1977	69
TABELA 1. Modelo da análise de variância para os caracteres considerados. Piracicaba, 1977 ..	70
TABELA 2. Quadro geral da análise de variância para os caracteres considerados. Piracicaba, 1977	71
TABELA 3. Quadro geral dos valores dos caracteres estudados para cada tratamento. Piracicaba, 1977	72
TABELA 4. Quadro geral com médias e valores de heterose estimados pelo método dos quadrados mínimos para os caracteres considerados. Piracicaba, 1977	73
TABELA 5. Comparação entre valores dos caracteres considerados, calculados para a análise da variância e aqueles obtidos no estudo de Componentes de Médias. Piracicaba, 1977	74

TABELA 6. Demonstração dos resultados obtidos com o teste da representatividade do modelo proposto, para os sete caracteres avaliados. Piracicaba, 1977	75
TABELA 7. Demonstração dos resultados obtidos com o teste de semelhança entre parâmetros, para os sete caracteres avaliados. Piracicaba, 1977	76
TABELA 8. Valores de correlação fenotípica entre comprimento da palha (cm) e extensão dos danos (cm) causados pela lagarta da espiga (<i>Heliothis zea</i>). Piracicaba, 1977	77
TABELA 9. Valores de textura do pericarpo para os tratamentos considerados, de acordo com o seguinte critério: 1 = textura tenra; 2 = textura intermediária; 3 = textura grosseira. Piracicaba, 1977	78

1. RESUMO

A cultura do milho doce (*Zea mays* L.) no Brasil, encontra dificuldades com relação à produção e qualidade do produto final, quando se utiliza as cultivares atualmente disponíveis. Aquelas adaptadas às condições climáticas tropicais, de boa produção, apresentam porte muito alto, com problemas de acamamento, desuniformidade de maturação, ciclo tardio e grãos com pericarpo de textura grosseira, o que restringe a aceitação das mesmas, à nível de produtor, indústria e consumidor. Cultivares introduzidas de clima temperado, de boa qualidade, não se adaptam ao clima tropical, apresentando produção muito reduzida, com sérios problemas de sanidade da planta e das espigas.

Este trabalho tem o objetivo de avaliar o comportamento de cultivares de milho doce em condições de clima tropical e definir as prioridades de um programa de melhoramento, bem como indicar uma linha de procedimentos que possi-

bilite obter rápido progresso no melhoramento da cultura, além de estabelecer as bases de um programa a longo prazo. Procurou-se definir também as diferentes proporções de germoplasma adaptado/não-adaptado representam uma solução para a questão da adaptação a locais específicos de cultivo do milho doce.

Foram utilizadas cinco cultivares de milho doce, sendo duas aclimatadas e três introduzidas de clima temperado. Foi estabelecido um programa de intercruzamento entre elas, obtendo-se híbridos intervarietais que posteriormente foram retrocruzadas para as respectivas cultivares paternais. Organizou-se um ensaio de produção constando das cultivares paternais, dos híbridos entre elas e dos retrocruzamentos respectivos. Os seguintes caracteres foram avaliados, na fase de "milho verde": altura de planta, altura de espiga, peso da espiga, comprimento da espiga, número de fileiras na espiga, comprimento da palha além da extremidade da espiga, extensão dos danos causados pela lagarta da espiga (*Heliothis zea* Boddie) e textura do pericarpo.

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- o estudo de componentes de médias possibilita a obtenção de estimativas com menor margem de erro, dando maior segurança às inferências possíveis sobre o comportamento do material biológico.

- os problemas da produção de milho doce no Brasil resumem-se no binômio produção-qualidade, necessitando de solução urgente.

- a opção escolhida, de se utilizar cultivares de milho doce como base do programa de melhoramento, em vez de utilizá-las apenas como fonte do gen "sugary-1", apresenta maior simplicidade em termos de tempo e recursos necessários.

- o método do retrocruzamento presta-se bem a um programa de melhoramento do milho doce, por sua simplicidade de técnica e menor tempo dispendido.

- os valores de heterose dos cruzamentos demonstram a influência da diversidade genética e do distanciamento geográfico sobre o "vigor de híbrido" e evidenciam a superioridade dos híbridos sobre as cultivares paternas, em termos de adaptação às condições climáticas tropicais.

- o comprimento da palha a partir da extremidade da espiga não é fator preponderante em conferir resistência à lagarta da espiga (*Heliothis zea* Boddie).

- o teste de mastigação presta-se bem a uma avaliação preliminar da textura do pericarpo.

- o programa de melhoramento sugerido mostrou-se eficiente em fornecer, em curto prazo, populações que apresentam maior produção e melhor qualidade, ao mesmo tempo

em que origina populações-base para programas de melhoramento mais complexos.

- é necessário maior volume de pesquisas com relação ao melhoramento genético do milho doce, em face da procura crescente do produto pelo mercado consumidor.

2. INTRODUÇÃO

Diversos genes que afetam o endosperma do milho (*Zea mays* L.) encontram utilização prática no melhoramento do cereal. Dentre esses, o gene *sugary-1* (su_1) destaca-se por incrementar o teor de sacarose e polissacarídeos intermediários do endosperma, em virtude de sua ação inibidora da síntese completa do amido. Esse fenômeno confere ao milho doce características tais que determinam sua boa qualidade para o consumo na forma de milho verde (natural ou industrializado).

Frente às perspectivas de aumento da demanda de milho doce no mercado brasileiro, os produtores enfrentam dois problemas:

- Cultivares de milho doce adaptadas ao clima tropical, de boa produtividade, apresentam sérios defeitos, tais como textura grosseira do pericarpo, desuniformidade no

diâmetro das espigas e período de maturação extremamente variável.

- Cultivares de milho doce introduzidas de clima temperado apresentam boa qualidade quanto aos aspectos mencionados, por estarem já há muito tempo submetidas à seleção artificial; são, porém, de baixíssima produtividade devido à não adaptação às condições climáticas da maioria das regiões brasileiras.

Uma avaliação das cultivares disponíveis pode fornecer dados importantes sobre seu comportamento agronômico, possibilitando definir com maior segurança as linhas gerais de um programa de melhoramento que atende as necessidades apresentadas.

São objetivos deste trabalho: avaliar o comportamento de cultivares de milho doce, utilizando estimativas de componentes de médias e de variância, a partir de caracteres de importância agronômica, industrial e comercial; estudar a adaptação das populações resultantes do cruzamento intervarietal (F_1); e verificar a influência de diferentes proporções de germoplasma adaptado/não-adaptado sobre o comportamento agronômico de populações de milho doce.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Origem do Milho Doce

Encontram-se explicações bastante aceitáveis para a origem do milho doce. MANGELSDORF (1974), argumenta que a distribuição geográfica do milho doce é suspreendente, desde que o gen "sugary-1" (su_1) acarreta um defeito genético no metabolismo do vegetal. A conversão de açúcares em amido não se completa, acarretando um menor teor de nutrientes no endosperma, afetando a germinação e favorecendo o ataque de patógenos do solo.

Segundo ERWIN, citado por HUELSEN (1954), existem duas teorias para a origem do milho doce; uma delas considera esse tipo de milho como sendo uma espécie distinta, usada como planta alimentícia pelos índios norte-americanos, durante a era pré-colombiana; a outra hipótese identifica o milho doce como sendo produto de uma mutação do milho comum, de

origem relativamente recente. O autor rejeita a primeira teoria já que, com exceção de uma única espiga encontrada em uma ruína asteca, no Novo México, datada de 1200-1300 AD, nenhuma outra espiga de milho doce tem surgido nas numerosas coleções organizadas por expedições arqueológicas.

ANDERSON, citado por HUELSEN (1954), considera que os genes recessivos para o endosperma "sugary" tenham ocorrido repetidamente em várias regiões da América do Sul, na era pré-colombiana, antes da introdução da cana-de-açúcar e sorgo, sendo o milho doce utilizado como fonte de açúcar. Esses mutantes gradualmente espalharam-se para o Norte, inter cruzando-se com outros tipos de milho, porém sempre protegidos pela recessividade da mutação, podendo ser recuperados por seleção.

É bastante improvável que o milho doce tenha ocorrido na natureza como uma raça selvagem, similarmente aos outros tipos de milho. Esse tipo pode ser considerado como um produto de mutação seguida de domesticação, pois uma nova fonte de açúcar não seria ignorada pelas tribos indígenas, que passaram a utilizar o milho doce na forma de tortas e bebidas.

Uma questão interessante é saber se a mutação ocorreu mais de uma vez. LINDSTROM, citado por MANGELSDORF (1974), encontrou em seus estudos, uma mutação "sugary" em

aproximadamente 18.000 gametas; STADLER, citado pelo mesmo autor, determinou uma taxa de mutação de 2×10^{-6} para esse gen. Analisando-se a área total plantada com milho, nos EUA, é possível concluir que um número elevado dessas mutações pode ocorrer anualmente.

GROBMAN *et alii* (1961), observa que, certamente, a forma ancestral de todas as variedades de milho doce é a raça CHULLPI. Essa raça é encontrada na sua forma mais pura na região Centro-Sul dos Andes, onde apresenta espigas de forma ovóide, frequentemente com fasciação. À medida que se distancia de seu centro de origem, as espigas dessa raça apresentam forma cilíndrica. A raça mexicana Maiz Dulce é, provavelmente, um derivado local da Chullpi introduzida no México pouco antes da colonização espanhola. A palavra Chullpi, em língua Quichua, designa especificamente o milho doce.

3.2. Características do gen "sugary-1"

O gen recessivo "sugary-1" (su_1) localiza-se no cromossomo nº 4, bastante próximo ao centrômero. Apresenta-se ligado ao gen "lethal-ovule-1" (lo), que determina ôvulos letais. Isso acarreta distorções na segregação da geração F_2 estudada em relação ao gen su_1 .

Ao contrário do que ocorre com o milho comum,

no milho doce a síntese do amido é bloqueada geneticamente, resultando em acúmulo de reservas na forma de sacarose e polissacarídeos intermediários, dos quais o principal em teor é o WSP (water soluble polysaccharide). Uma análise do conteúdo em nutrientes do endosperma de sementes de milho normal e milho doce, em diversos estágios após a fecundação, é resumida na seguinte Tabela:

QUANTIDADE DE VÁRIOS CARBOHIDRATOS E MATÉRIA SECA TOTAL, EM QUATRO ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO (CREECH, 1968).

genótipo	Idade dos grãos (dias após a fecundação)	AR%	Sacarose	WSP%	Amido	MS%
normal	16	9,4	8,2	3,7	39,2	15,7
	20	2,4	3,5	2,8	66,2	27,1
	24	1,6	2,6	2,8	69,2	27,2
	28	0,8	2,2	2,2	73,4	43,8
sugary	16	9,2	16,5	14,3	23,3	19,9
	20	5,4	10,2	22,8	28,0	25,6
	24	3,6	9,5	28,5	29,2	30,5
	28	3,9	4,4	24,2	35,4	37,6

AR = Açúcares Redutores

WSP = Polissacarídeos solúveis em água

MS = Matéria seca.

Estudos da herança de carboidratos têm sido realizados com o milho doce. LINDSTROM, citado por HUELSEN (1954), cruzou o milho amarelo dentado Iodent com o milho doce de grãos brancos Evergreen. As análises foram realizadas utilizando-se grãos totais e o endosperma somente. O conteúdo de amido da cultivar normal era, evidentemente, muito maior que o da cultivar de milho doce. O inverso era verdadeiramente para açúcares totais mais dextrinas. Em cruzamentos recíprocos e retrocruzamentos, endospermas do tipo Su Su su e Su su su apresentaram aproximadamente a mesma composição que a variedade normal. Na geração F_2 e nos retrocruzamentos, os grãos com endosperma su su su recuperaram aproximadamente a mesma composição em carboidratos do milho doce original. Através do índice de carboidratos (relação entre açúcares totais mais dextrina e o amido) ficou evidenciado que sucessivas doses do alelo dominante Su provovam um maior índice de carboidratos. Entretanto, o gen Su não é completamente dominante sobre o seu alelo su. O efeito tende a ser cumulativo quando os genótipos Su Su Su, Su Su su e Su su su são comparados, mas a mudança é bastante brusca quando se analisa o caráter "sugary" puro (su su su).

Outros autores, como MANGELSDORF (1947) e CAMERON (1947) realizaram também estudos da herança de carboidratos no milho doce. MATHER e BARTON-WRIGHT (1946), GORFINKEL (1948), KRAMER e WHISTLER (1949) e TEAS *et alii* (1952) reali-

zaram interessantes estudos sobre a herança do ácido nicotínico, niacina, amilose e triptofano, respectivamente, em populações de milho de endosperma "sugary".

3.3. Melhoramento do Milho Doce

SMITH (1955) apresenta uma excelente revisão sobre o melhoramento do milho doce nos EUA. Esse tipo de milho é utilizado para consumo na forma de milho verde indus-trializado, em quase todo o mundo, e como milho verde natu-ral, em regiões favoráveis ao seu cultivo. A principal re-gião produtora de milho doce abrange o Meio Norte dos EUA e o Sul do Canadá. Existem várias razões para essa distribuição restrita. O período durante o qual os grãos permencem doces, após a colheita, é muito curto. Os açúcares são rapidamente convertidos em amido, à temperaturas elevadas. Também, os da-nos causados pela lagarta da espiga (*Heliothis zea* Boddie) são menos intensos em temperaturas que bloqueiam a pupação da larva.

STRAUGHN, citado por SPRAGUE (1955), observou que o conteúdo de açúcar de grãos maduros de diferentes varie-dades de milho doce é similar; entretanto, pode observar que o grau de enrugamento dos grãos estava associado com o teor de açúcar. Grãos intensamente enrugados possuíam teores de

açúcar significativamente mais elevados que grãos menos enrugados.

A descoberta de que o conteúdo de açúcar do milho doce, no estágio comestível, muda rapidamente durante as primeiras horas após a remoção da espiga da planta foi de grande importância. STRAUGHN e CHURCIT e ainda APPLEMAN e ARTHUR, citados por SPRAGUE (1955), estabeleceram que a perda em açúcar era causada tanto pela respiração como pela transformação em polissacarídeos, principalmente o amido.

Os objetivos gerais, num programa de melhoramento do milho doce resumem-se na obtenção de tipos desejáveis para consumo "in natura" ou para industrialização. Isso inclui: grãos de tamanho grande, de cor amarela, uniformidade das espigas. Essa uniformidade inclui a textura e a consistência dos grãos, o aspecto e tamanho das espigas e o teor de açúcar nos grãos.

O grau de textura do pericarpo é fator primário na determinação da qualidade do milho doce. É um caracter hereditário e, ao mesmo tempo, fisiológico, no sentido de que todas as variedades de milho doce apresentam espessamento do pericarpo, no decorrer da maturação. Entretanto, a taxa de espessamento do pericarpo varia conforme a cultivar, além de que certas cultivares apresentam pericarpo mais tenro que outras. Isso é uma clara indicação da hereditariedade do ca-

racter.

CULPEPPER e MAGOON (1924), utilizaram um penetrômetro para avaliar a textura do pericarpo. Outros métodos foram sugeridos também, sem que nenhum deles tivessem se mostrado eficiente nessa avaliação. Assim, resultados de estudos que procuram avaliar a textura do pericarpo devem ser aceitos com reservas. ANDREW, BRINK e NEAL (1944), sugeriram que também a textura do tecido imediatamente inferior ao pericarpo influi nos valores de textura deste último, o que contribui para dificultar ainda mais a avaliação.

JOHNSON, citado por HUELSEN (1954), estudou um cruzamento entre uma linhagem de milho com pericarpo tenro com uma outra linhagem de pericarpo espesso. Os testes com o penetrômetro mostraram que a geração F_1 era intermediária mas a geração F_2 segregou para os extremos dos valores de textura do pericarpo, apresentando também valores intermediários. Linhagens relativamente puras, com valores intermediários de textura do pericarpo foram recuperadas dos cruzamentos, o que sugere a existência de alelos múltiplos. Notou-se também que o caracter pericarpo tenro foi recuperado na segunda geração de retrocruzamentos; além de se observar que a taxa de aumento de dureza do pericarpo variou para os diferentes cruzamentos, à medida que se processou a maturação.

Uma textura excessivamente tenra pode também ser prejudicada, já que pode provocar o rompimento do pericar

po, expondo o endosperma à infestação por patógenos, conforme relata HADDAD, citado por HUELSEN (1954).

Inúmeros trabalhos de melhoramento do milho doce têm sido realizados, sendo que todos os aspectos importantes já citados têm sido objeto de estudo. Nos EUA, a tendência atual é utilizar híbridos simples. Tais híbridos, conforme JUGENHEIMER (1976), são preferidos por sua uniformidade na textura e consistência dos grãos, aspecto e tamanho desejáveis das espigas.

ANDREW (1969) e HELM e ZUBER (1969) obtiveram subsídios importantes para o melhoramento do milho doce, estudando, respectivamente, o período de maturação e a textura do pericarpo do milho comum.

HANSEN e BAGGETT (1977), encontraram diferenças recíprocas para data de emissão do pendão, data de emissão da espiga, altura da planta e da espiga, comprimento da palha, número de fileiras de grãos e comprimento da espiga em um dialélico de 7 linhagens de milho doce. Não foram encontradas diferenças recíprocas para peso da espiga principal. As diferenças foram bastante significativas em alguns cruzamentos sugerindo aos autores que possam ser importantes no melhoramento.

Uma análise genética quantitativa de 10 características do milho doce foi realizada por HANSEN et alii

(1977) com o objetivo, entre outros, de determinar a importância relativa da variância aditiva x não aditiva para cada um dos caracteres estudados, além de determinar a estabilidade dos tipos de variância genética entre anos. Esse trabalho fornece uma metodologia bastante adequada à avaliação de caracteres importantes no melhoramento do milho doce.

No Brasil, esse tipo de milho praticamente não foi submetido às práticas de melhoramento. Na comercialização é utilizada a variedade doce de Cuba, de boa produção e má qualidade e, em menor escala, variedades de milho doce introduzidas, de boa qualidade e péssima produção.

MEZZACAPA (1952), apontou os problemas do melhoramento do milho doce no Brasil, agrupando-os em dois tipos: problemas gerais, comuns a todas as regiões em que se cultiva o milho doce e problemas particulares do clima brasileiro, que impede a aclimação de cultivares de milho doce introduzidas de regiões de dias longos. A diferença de fotoperiodismo pode causar distúrbios fisiológicos às plantas, que muitas vezes morrem antes de completar o ciclo. O autor descreve ainda os métodos utilizados na obtenção do milho doce Piracicaba, Doce Precoce Laranja e Milho Doce Amarelo.

FIGUEIREDO (1970), realizou um ensaio de produção, comparando a variedade de milho doce Universidade com quatro cultivares de milho normal. Foi notada uma alta porcentagem de acamamento do milho doce em relação às outras cul

tivares. O autor sugere como objetivos para um trabalho de melhoramento do milho doce: aumentar a resistência ao acama-mento, evitando a perda de valor comercial das espigas; aumen-tar o comprimento das espigas, visando maior rendimento por área; aumentar o peso das espigas e o número de fileiras de grãos.

IKUTA e PATERNIANI (1970), sugeram as bases para um programa de "milho verde" que possa atender ao mercado consumidor, avaliando algumas cultivares, testando-as em épocas diferentes, sem incluir, porém, na avaliação realizada, ne-nhuma cultivar de milho doce.

Em relação aos fatores que afetam a qualidade do produto final (espigas de "milho verde"), os danos causados pela lagarta da espiga (*Heliothis zea* Boddie) estão entre os principais. Vários autores, tais como YARNELL (1952), WIDSTROM e DAVIS (1952) e WANN e HILLS (1975), realizaram estudos sobre o melhoramento para resistência à lagarta, não tendo obtido resultados expressivos. Porém, outros autores têm verificado que é possível realizar seleção visando aumentar a resistência do milho doce à essa praga. STARKS e Mc-MILLIAN (1967), avaliaram a resistência de dez linhagens de milho comum, observando que a extensão da palha não é tão importante quanto a compactação da mesma, quando se trata de conferir uma barreira mecânica à penetração da lagarta. CHAM-BLISS e WANN (1971), demonstraram que, em adição aos fatores

mecânicos citados, também a antibiose e substâncias químicas presentes nos estigmas são importantes na resistência do milho doce à praga.

ZUBER (1971), em conjunto com outros autores, relatou que a seleção massal foi efetiva para aumentar a resistência à lagarta da espiga em duas variedades sintéticas selecionadas durante dez gerações para esse caracter, citando uma redução de 2,81% no número de espigas danificadas, por ano. Por outro lado, WANN e HILLS (1975), observaram que a seleção massal não foi eficiente para aumentar a resistência de um composto de milho doce à lagarta da espiga, atribuindo esse fato à baixa incidência de ataque da praga na época da realização do trabalho. Observaram também que fatores ambientais interferem muito intensamente com uma interpretação genética precisa desse caracter.

Na Universidade do Texas, BOCHOLT, citado por SILVA (1975), conduz um programa de transferência do fator "lethal silk" (estigmas com substâncias químicas letais à lagarta) nas linhagens de alta capacidade de combinação, visando conferir resistência às mesmas.

WIDSTROM, citado por SILVA (1975), concluiu que todos os métodos de avaliação dos prejuízos causados pela lagarta da espiga, o melhor é a escala em centímetros da profundidade que as larvas penetram na espiga.

Em um estudo de genética quantitativa envolvendo cruzamentos dialélicos de linhagens de milho doce, o mesmo autor concluiu que as linhagens mais resistentes produziram híbridos mais resistentes à lagarta da espiga. Entretanto, as mais susceptíveis não produziram os híbridos mais susceptíveis. Sugeriu que o grau de dominância para a resistência ao inseto está no domínio de dominância parcial e que a extensão e compacidade da palha são fatores importantes de resistência do milho à *Heliothis zea*.

REZENDE (1977, informação pessoal), relatou que de acordo com recentes pesquisas, a extensão da palha além da extremidade da espiga não é fator preponderante na resistência à lagarta, sendo mais influentes fatores como a compacidade da palha, substâncias químicas presentes nos estigmas e taxa de perda de água pelos mesmos.

3.4. Hibridação intervarietal

Vários autores tem procurado avaliar as vantagens da utilização de híbridos intervarietais de milho. PATERNIANI (1967), relata que tais cruzamentos, aplicados à cultivares e raças disponíveis nos vários bancos de germoplasma mostraram resultados muito promissores quanto ao aumento de produtividade. SILVA e PATERNIANI (1969), estudaram parâme

tros tais como a heterose e a epistasia intervarietal aditiva x aditiva, em três cultivares de milho de origem geográfica bastante distinta. Os resultados mostraram que os efeitos epistáticos intervarietais foram relativamente sem importância na determinação dos valores médios dos caracteres considerados, sugerindo a utilização de um modelo mais simples que considere apenas a ação gênica aditiva e a dominância, em tais estudos.

MOLL, SALHUANA e ROBINSON (1961), estudando a heterose e a diversidade genética em cruzamentos intervarietais de milho concluíram que o grau de diversidade genética de cultivares pode ser inferido a partir de relações entre ancestrais e a partir da separação geográfica das cultivares (adaptação local). Os resultados indicaram que a maior diversidade genética das cultivares paternas pode ser associada com maior heterose no cruzamento intervarietal. Embora uma das cultivares, Porto Rico, apresentasse baixa produção, os cruzamentos de produção mais elevada foram aqueles envolvendo essa cultivar com outra de origem geográfica distante. Esse fato sugere que cruzamentos de populações divergentes geograficamente podem apresentar utilidade potencial no aumento da produção a despeito da má adaptação local de uma cultivar de origem geográfica distante.

TAVARES e ZINSLEY (1971), obtiveram correlações fenotípicas para diversos caracteres em cultivares de milho e

seus respectivos híbridos. Esse estudo foi realizado para verificar até que ponto são possíveis generalizações sobre o comportamento das correlações obtidas para vários caracteres da planta e da espiga. Os autores concluíram que o relacionamento entre os componentes da produção e da heterose são particulares para cada população, verificando-se um efeito de compensação entre eles, concordante com a biologia da planta. A heterose positiva para alguns componentes pode contribuir significativamente para a produção, embora os demais possam mesmo possuir um efeito negativo. Os híbridos intervarietais mais produtivos foram aqueles cujas populações paternas foram mais produtivas, provavelmente sendo uma das causas, a sua melhor adaptação às condições climáticas locais. Os autores concluíram também que as maiores heteroses foram obtidas nos cruzamentos envolvendo as variedades menos produtivas, além de que a heterose da produção nem sempre foi acompanhada da heterose para os caracteres positivamente correlacionados, com a produção.

OSÓRIO (1972) realizou um estudo sobre a heterose e a influência da ação gênica epistática em cruzamentos interraciais de milho. As principais conclusões obtidas pelo autor foram que a epistasia não se constitui numa importante influência na expressão das médias dos caracteres estudados; a heterose para número de dias para o florescimento se manifestou no sentido da precocidade; médias extraídas de cruzamentos entre populações de milho de fecundação livre devem

ser utilizadas com maior frequência para a obtenção de informações sobre ação gênica.

D'AYALA VALVA e PATERNIANI (1975), avaliaram a heterose em híbrido intervarietal de milho braquítico, concluindo que o híbrido mostrou vantagens quanto às características tais como a maior capacidade de resistência às condições ambientais desfavoráveis, evidenciada por uma maior sobrevivência quando comparado com a variedade paterna Piranão. Porém, o híbrido não diferiu das variedades paternas em relação à altura de planta, porcentagem média de plantas acamadas e quebradas e duração do ciclo. Para produção de grãos, foram encontrados os valores de 114,7% e 108,0% para heterose, em relação à média dos pais e ao pai mais produtivo, respectivamente. Comprovou-se também a existência de uma notável divergência genética entre as duas populações paternas.

3.5. O Método do Retrocruzamento

Diversos autores, tais como HARLAN e POPE (1922), BRIGGS (1938) e BRIGGS e ALLARD (1953) têm demonstrado a eficiência do método do retrocruzamento no melhoramento de plantas. Neste método são fatores importantes a escolha do progenitor recorrente, o cuidado na manutenção do carácter em transferência e o número de retrocruzamentos realizados. ALLARD (1971), demonstra um esquema básico de procedimentos,

neste método, que pode admitir variações de acordo com a necessidade, conforme PATERNIANI (1978, informação pessoal).

3.6. Metodologia de análise

Conforme VENCOVSKY (1978), modelos de ação gênica são úteis na previsão do comportamento de populações, bem como servem de padrão para identificar dados obtidos na experimentação com um tipo de ação gênica pré-determinado.

Tais modelos podem ser aplicados aos estudos de Componentes de Médias. Esses estudos possibilitam uma precisão maior na estimação de médias e heteroses, já que os erros de experimentação não são superestimados, como ocorre na análise de variância. Utilizando a técnica dos quadrados mínimos na estimação de médias e heteroses, todos os dados obtidos na experimentação podem ser utilizados de forma global, permitindo com isso maior precisão nas estimativas (GERALDI, 1977, informação pessoal).

Conforme VENCOVSKY (1978, informação pessoal), o método dos quadrados mínimos se aplica também à análise de cruzamentos dialélicos, no estudo da capacidade geral de combinação, no estudo da capacidade específica de combinação, como pode ser observado no trabalho de GNOATTO (1969).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

As seguintes cultivares foram introduzidas no programa de melhoramento:

DOCE DE CUBA - Cultivar adaptada às condições climáticas tropicais, de ciclo tardio (70-75 dias), porte alto, prolífica, espigas de forma cônica com grãos longos de cor amarelo claro. Na fase de "milho verde" o pericarpo apresenta textura grosseira.

GOLDEN BANTAM - Cultivar obtida a partir das gerações segre-
gantes do híbrido Golden Cross Bantam, introdu-
zido dos EUA, não adaptado às condições climá-

ticas tropicais (muito susceptível à doenças e pragas), de ciclo precoce (45-50 dias), porte baixo, prolífica, espigas de forma cilíndrica com grãos curtos de cor laranja. Na fase de "milho verde" o pericarpo apresenta textura tenra.

EVER GREEN - Cultivar introduzida dos EUA, não adaptada às condições climáticas tropicais, de ciclo precoce (45-50 dias), porte baixo, prolífica, espigas de forma cilíndrica com grãos longos de cor branca. Na fase de "milho verde" o pericarpo apresenta textura tenra.

DOCE COLÔMBIA - Cultivar adaptada às condições climáticas tropicais, de ciclo tardio (70-75 dias), porte alto, prolífica, espigas de forma cônica, com grãos curtos de cor laranja. Na fase de "milho verde" o pericarpo apresenta textura grossa.

SAN PEDRO - Cultivar introduzida da Argentina, não adaptada às condições climáticas tropicais, de ciclo precoce (50-55 dias), porte baixo, prolífica, espigas de forma cilíndrica, com grãos longos de cor branca. Na fase de "milho verde" o pericarpo apresenta textura tenra.

Foram avaliadas ainda as populações resultantes de cruzamento entre as cultivares já descritas, bem como as populações resultantes de retrocruzamento dos híbridos para com as cultivares paternas. Na avaliação final foi também incluída Nutrimaiz, de composição ($su_1su_1o_2o_2$), obtida no Instituto Agronômico de Campinas. Essa cultivar é adaptada às condições climáticas tropicais, de ciclo tardio (70-75 dias), porte alto, prolífica, espigas de forma cônica com grãos longos de cor amarela. Na fase de "milho verde" o pericarpo apresenta textura grosseira.

4.2. Métodos

No ano agrícola 1975/76, as populações foram instaladas em área experimental do Departamento e Instituto de Genética (ESALQ/USP), obedecendo o seguinte esquema:

Foram obtidas dessa forma as respectivas gerações F_1 . As sementes foram armazenadas em câmara seca do Instituto pelo período de sete meses, em condição de baixa umida

de relativa, tratados com MALATHION 2% nas doses recomendadas.

No ano agrícola 1976/77, as cultivares paternas e os cruzamentos foram instalados na mesma área experimental, obtendo-se os retrocruzamentos, de acordo com o seguinte esquema:

Dessa forma, obteve-se um total de dezoito populações com diferentes proporções de germoplasma adaptado/não-adaptado que, juntamente com a cultivar Nutrimaiz, foram avaliadas num ensaio de produção, instalado na mesma área experimental, no ano agrícola 1977/78. O ensaio obedeceu o delineamento de blocos casualizados, com dezenove tratamentos e quatro repetições, parcelas de cinco fileiras de dez metros de comprimento, com espaçamento de um metro entre as fileiras e vinte centímetros entre plantas. A área útil de cada parcela, para efeito de avaliação, foi de trinta metros quadrados.

Os seguintes caracteres foram avaliados, na fase de "milho verde":

1. Altura da planta (m)
2. Altura de espiga (m)
3. Comprimento da espiga (cm)
4. Número de fileiras na espiga
5. Peso da espiga despalhada (g)
6. Comprimento da palha a partir da extremidade da espiga (cm)
7. Extensão dos danos causados pela lagarta da espiga (cm)
8. Avaliação da textura do pericarpo.

De cada parcela, após as avaliações de altura de planta e altura de espiga foram tomadas dez espigas ao acaso. Em primeiro lugar avaliou-se o comprimento da palha a partir da extremidade da espiga. Após despalhamento, observou-se o comprimento da espiga, número de fileiras de grãos e peso de cada uma delas. A seguir cada espiga foi avaliada para o dano causado pela lagarta, tomando-se a precaução de obter pares de dados correspondentes a cada espiga, visando o estabelecimento da correlação comprimento da palha x extensão dos danos.

A textura do pericarpo foi avaliada em cinco espigas por parcela, utilizando-se a técnica sensorial de mastigação, atribuindo-se um determinado valor comparativo a cada textura. No caso de pericarpo de textura tenra, atribuiu-se valor 1. Para o pericarpo de textura grosseira atribuiu-

-se valor 3, e, no caso intermediário, valor 2.

A infestação pela lagarta da espiga (*Heliothis zea* Boddie) foi natural. Em virtude da elevada infestação na área experimental e da ausência de controle químico, obteve-se uma infestação generalizada, sendo perfeitamente desprezíveis os casos de escape.

Por fase de "milho verde" admitiu-se o período de 15-25 dias após o florescimento, dependendo do ciclo de maturação da população considerada.

4.2.1. Modelo matemático

O seguinte modelo foi proposto para explicar o comportamento das populações, no estudo de componentes de médias:

$$\begin{array}{ll}
 P_1 = m_1 & \text{onde } P_1 = \text{Doce de Cuba} \\
 P_2 = m_2 & P_2 = \text{Golden Bantam} \\
 P_3 = m_3 & P_3 = \text{Ever Green} \\
 P_4 = m_4 & P_4 = \text{Doce Colômbia} \\
 P_5 = m_5 & P_5 = \text{San Pedro}
 \end{array}$$

Assim,

$$F_{12} = 1/2 (m_1 + m_2) + h$$

$$F_{13} = 1/2 (m_1 + m_3) + h \quad \text{etc.}$$

e também

$$RC_{12,1} = 3/4 m_1 + 1/4 m_2 + 1/2 h$$

$$RC_{12,2} = 1/4 m_1 + 3/4 m_2 + 1/2 h \quad \text{etc.}$$

onde

m_1 = médias dos caracteres avaliados em cada população.

F_{ij} = médias dos caracteres avaliados nos cruzamentos intervarietais.

$RC_{ij,i}$ = médias dos caracteres avaliados nos retrocruzamentos

h = valor da heterose

Através do estudo de Componentes de Médias pode-se determinar estimativas de heterose e de médias que levem em consideração todas as informações obtidas na experimentação. Em virtude do elevado número de entradas foi utilizado o cálculo em computador para se obter as estimativas de médias e de variâncias. Foram realizados dois testes, no estudo de Componentes de Médias: Significância dos desvios em relação ao modelo proposto (teste de representatividade do modelo) e Teste da semelhança entre dois parâmetros.

4.2.2. Detalhamento das técnicas de análise estatística

4.2.2.1. Método dos quadrados mínimos

Quando se utiliza o método dos quadrados mínimos é preciso construir um modelo matemático para o comportamento biológico que se supõe regendo o material ensaiado.

Suponha-se a presença de duas populações parentais P_1 e P_2 , seu cruzamento (geração F_1) e uma geração F_2 . Interessa obter estimativas das médias e dos valores de heterose. Pode-se então estabelecer os seguintes modelos:

$$\bar{P}_1 = m_1$$

$$\bar{P}_2 = m_2$$

$$\bar{F}_1 = 1/2 (m_1 + m_2) + h$$

$$\bar{F}_2 = 1/2 (m_1 + m_2) + 1/2 h$$

É possível estimar a heterose através de duas alternativas:

$$(1) \quad \hat{h} = \bar{F}_1 - \frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2}$$

$$(2) \quad \hat{h} = 2 \left(\bar{F}_2 - \frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2} \right)$$

Pode-se discutir qual destas alternativas estima melhor a heterose. No entanto, através do método dos quadrados mínimos pode-se determinar uma estimativa comum para a heterose, que leve em consideração todas as informações obtidas na experimentação.

Numa primeira etapa representa-se as médias em função dos parâmetros:

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 & m_1 & m_2 & h \\
 m_1 & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 m_2 & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \\
 F_1 & \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} \\
 F_2 & \begin{bmatrix} 1/2 & 1/2 & 1/2 \end{bmatrix}
 \end{array}
 & = &
 \begin{array}{c}
 \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} \\
 Y
 \end{array}
 \end{array}$$

X

Y representa o valor mensurável do caracter estudado. Segue-se a obtenção de equações normais.

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccc}
 X' & S' & X' Y' \\
 m_1 & \begin{bmatrix} 3/4 & 1/2 & 3/4 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ h \end{bmatrix} \\
 m_2 & \begin{bmatrix} 1/2 & 3/2 & 3/4 \end{bmatrix} \\
 m_3 & \begin{bmatrix} 3/4 & 3/4 & 5/4 \end{bmatrix}
 \end{array}
 & = &
 \begin{array}{c}
 \begin{bmatrix} e \\ f \\ g \end{bmatrix}
 \end{array}
 \end{array}$$

onde

$$\begin{aligned}
 3/2 &= \sum (m_1 \times m_1) \\
 1/2 &= \sum (m_1 \times m_2), & \text{etc.} \\
 e &= \sum (X_1 \times Y_1)
 \end{aligned}$$

Obtem-se então:

$$\begin{cases} (3/2)\hat{m}_1 + (1/2)\hat{m}_2 + (3/4)\hat{h} = e \\ (1/2)\hat{m}_1 + (3/2)\hat{m}_2 + (3/4)\hat{h} = f \\ (3/4)\hat{m}_1 + (3/4)\hat{m}_2 + (5/4)\hat{h} = g \end{cases}$$

Decorre daí a resolução dessas equações normais através de:

1. Resolução direta, através de substituição nas equações.
2. Método de DOOLITTLE.
3. Inversão matricial, utilizando determinantes.

Da resolução das equações, obtem-se as seguintes estimativas:

$$\begin{aligned} \hat{m}_1 &= i \\ \hat{m}_2 &= j \\ \hat{h} &= l \end{aligned}$$

O valor l é a melhor estimativa obtida para a heterose.

É necessário verificar se o modelo proposto representa bem o fenômeno biológico. Testa-se portanto, a representatividade do modelo:

$$SQ \text{ parâmetros} = (i \times e) + (j \times f) + (l \times g)$$

$$SQ \text{ parâmetros} = n \text{ com } 3 \text{ GL.}$$

$$\sum \bar{x}^2 = a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = p$$

$$SQ \text{ validade} = SQ \text{ desvios} = \bar{x}^2 - SQ \text{ parâmetros}$$

$$SQ \text{ validade} = q \text{ com } 1 \text{ GL.}$$

Portanto:

FV	GL	SQ	QM	F
Desvios	1	q	q	
Resíduo			r*	

(*) obtido da análise da variância.

Não se obtendo significância no teste F, conclui-se que o modelo proposto representa bem a biologia do fenômeno.

Pode-se elaborar ainda duas sub-hipóteses, úteis às conclusões que se pretende extrair:

1a. sub-hipótese: Nulidade do parâmetro

Esta sub-hipótese procura avaliar se a heteroscedasticidade realmente contribui para o modelo proposto.

$$H_0 : h = 0$$

$$\bar{P}_1 = m_1$$

$$\bar{P}_2 = m_2$$

$$\bar{F}_1 = 1/2 (m_1 + m_2)$$

$$\bar{F}_2 = 1/2 (m_1 + m_2)$$

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} m_1 & m_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 \end{bmatrix} \end{array} = \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} m_1 & m_2 \end{array} \\ \begin{array}{c} m_1 \\ m_2 \end{array} & \begin{bmatrix} 3/2 & 1/2 \\ 1/2 & 3/2 \end{bmatrix} \end{array} \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \hat{m}_1 = i' \\ \hat{m}_2 = j' \end{cases}$$

então:

$$SQ(m_1, m_2) = (i' \times e) + (j' \times f)$$

$$SQ(m_1, m_2) = n' \text{ com 2 GL.}$$

$$\begin{aligned} SQ(h) &= SQ \text{ modelo completo} - SQ(m_1, m_2) \\ &= p - n' = s \text{ com 1 GL} \end{aligned}$$

Desse modo

FV	GL	SQ	QM	F
Heterose			s	
Resíduo			r	

A significância do valor de $\underline{F}$ determina que a heterose contribui para o modelo proposto. É rejeitada a hipótese da nulidade do parâmetro.

2a. sub-hipótese: Semelhança entre dois parâmetros

$$H_0 : m_1 = m_2 = m$$

$$\bar{P}_1 = m$$

$$\bar{P}_2 = m$$

$$\bar{F}_1 = m + h$$

$$\bar{F}_2 = m + 1/2 h$$

$$\begin{array}{cc}
 m & h \\
 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1/2 \end{bmatrix}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 \bar{X} \\
 \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} m & h \\ \begin{array}{c} m \\ h \end{array} & \begin{bmatrix} 4 & 3/2 \\ 3/2 & 5/4 \end{bmatrix} \end{array} \begin{bmatrix} m \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t \\ u \end{bmatrix}$$

$$\begin{cases} \hat{m} = v \\ \hat{h} = 1 \end{cases}$$

logo

$$\begin{aligned} SQ(m_1 = m_2) &= SQ(m_1, m_2, h) - SQ(h) \\ &\quad 3 \text{ GL} \quad 2 \text{ GL} \\ &= z \text{ com } 1 \text{ GL} \end{aligned}$$

Da mesma forma é testada a validade desta sub-hipótese através do teste F.

Pode-se estabelecer ainda um erro para a estimativa de heterose: $\hat{h} \pm s_{\hat{h}}$.

No presente trabalho, o número de entradas é mais elevado que no tratamento teórico demonstrado. Assim, a obtenção das equações normais fica difícil, necessitando-se da ajuda de calculo em computador. No Quadro 1 é apresentado o modelo da matriz X utilizada para os cálculos.

Os modelos matemáticos propostos para explicar a biologia do fenômeno foram os seguintes:

$$\bar{P}_1 = m_1$$

$$\bar{P}_2 = m_2$$

$$\bar{P}_3 = m_3$$

$$\bar{P}_4 = m_4$$

$$\bar{P}_5 = m_5$$

$$F_{12} = 1/2 (m_1 + m_2) + h$$

$$F_{13} = 1/2 (m_1 + m_3) + h \quad \text{etc.}$$

$$RC_{12,1} = 3/4 m_1 + 1/4 m_2 + 1/2 h$$

$$RC_{12,2} = 1/4 m_1 + 3/4 m_2 + 1/2 h \quad \text{etc.}$$

As seguintes correspondência foi estabelecida:

1 = Doce de Cuba

2 = Golden Bantam

3 = Ever Green

4 = Doce Colômbia

5 = San Pedro

4.2.2.2. Cálculo da correlação entre comprimento da palha x extensão dos danos causados pela lagarta da espiga

Para um conjunto de pontos conhecidos (X_i, Y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$, a covariação e o coeficiente de correlação são definidos da seguinte maneira:

$$s_{XY} = 1/n-1(\sum X_i Y_i - 1/n \sum X_i \sum Y_i)$$

ou

$$s_{XY} = 1/n (\sum X_i Y_i - 1/n \sum X_i \sum Y_i)$$

O coeficiente de correlação é dado por

$$r = s_{XY}/s_X s_Y$$

onde

$$s_X = \sqrt{\frac{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2/n}{n-1}}$$

e

$$s_Y = \sqrt{\frac{\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2/n}{n-1}}$$

Utilizando-se calculadora eletrônica HP-25 foi determinado um coeficiente $\underline{r}$ para cada repetição, referente a um determinado tratamento. Estabeleceu-se depois um $\underline{r}$ médio para o tratamento, procedimento viável, já que:

$$E \left(\frac{\text{COV } XY}{\sigma_X^2 \sigma_Y^2} \right) = n \left(\frac{\text{COV } XY}{\sigma_X^2 \sigma_Y^2} \right) / n$$

Os valores de correlação obtidos foram testados pelo teste $\underline{t}$, utilizando a sugestão de PIMENTEL GOMES (1973):

$$z(r) = (1/2)L \frac{1+r}{1-r}$$

ou

$$z(r) = 1,1513 \log \frac{1+r}{1-r}$$

O valor $z(r)$ obtido tem distribuição aproxima-
damente normal, com média zero e erro padrão igual a $1/\sqrt{N-3}$.

$$\text{Então} \quad t = \frac{z(r) - 0}{1/\sqrt{N-3}} \quad \text{com } \infty \text{ GL.}$$

A principal vantagem da transformação $z(r)$ está no fato de que é possível comparar coeficientes de correlação de experimentos diferentes, desde que obtidos dessa forma.

5. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra o modelo observado para a realização da análise de variância dos dados obtidos na experimentação, cujo resultado está na Tabela 2, para os sete caracteres estudados. Os coeficientes de variação estão dentro dos padrões normalmente aceitos como baixos, dentro da experimentação agrícola.

Na Tabela 3 podem ser observados os valores médios dos caracteres estudados, obtidos por estimativa comum, enquanto que a Tabela 4 demonstra os valores médios dos mesmos caracteres para as cinco cultivares paternais obtidos no estudo de componentes de médias, bem como os valores de heterose dos cruzamentos entre elas.

A Tabela 5 apresenta em detalhe as discrepâncias entre as médias obtidas por estimativa comum e aquelas

obtidas pelo estudo de Componentes de Médias. Tais discrepâncias serão comentadas posteriormente.

As Tabelas 6 e 7 referem-se respectivamente aos testes de representatividade do modelo proposto e de semelhança entre dois parâmetros. O modelo proposto representou bem o comportamento das populações apenas para o caracter Altura da Planta. Para os demais caracteres foram detectados desvios significativos. Os resultados apresentados na Tabela 7 demonstram que os valores das heteroses específicas diferem entre si, com exceção dos caracteres altura de planta e altura de espiga.

No estudo de Componentes de Médias foram eliminadas algumas populações, por não formarem uma "família", isto é, um conjunto de duas cultivares paternas, seu híbrido e os respectivos retrocruzamentos para os pais. Essas populações isoladas devem-se à dificuldade de obtenção de híbridos e retrocruzamentos entre cultivares não-adaptadas.

A Tabela 8 apresenta os valores de correlação fenotípica obtidos para o confronto de caracteres comprimento da palha x extensão dos danos causados pela lagarta da espiga, bem como demonstra os resultados obtidos com a aplicação do teste t. Verificou-se a total ausência de correlação entre tais caracteres.

A Tabela 9 apresenta os valores atribuídos à

textura do pericarpo de todos os tratamentos, caracter avaliaa
do pelo teste de mastigação.

Tais resultados serão discutidos com base na
adaptação de populações de milho doce às condições climáticas
tropicais, sua produção, caracteres agronômicos e qualidade a
gro-industrial.

6. DISCUSSÃO

O grande entrave que se apresenta à produção comercial do milho doce, no Brasil, é, como foi citado anteriormente, a questão da qualidade do produto. Tomar a decisão de cultivar tal milho pode significar ter que escolher, entre duas, aquela solução que menor prejuízo venha causar, quando o ideal seria ter em disponibilidade cultivares que proporcionassem boa produção e boa qualidade (RICOBELLIS, 1977, informação pessoal).

O milho doce apresenta uma comercialização típica de diversos grandes produtos hortícolas, qual seja a de se atribuir um grande valor às características sensoriais do produto. Tanto no consumo "in natura" quanto na industrialização, a verdade é que, atualmente não existe opção lucrativa em termos de cultivo do milho doce, embora o mercado consumidor venha apresentando reações favoráveis de aceitação do pro

duto, conforme pode ser atestado pelas indústrias alimentícias que o comercializam. Quanto à demanda do produto "in natura", a procura sempre foi maior que a oferta.

Ao se tentar definir linhas gerais para um programa de melhoramento, é preciso, entre muitos outros aspectos, considerar a "urgência de solução", bem como o tipo de exigência apresentada pelo consumidor. Pode-se admitir sobre qual seria o melhor procedimento para se obter resultados rapidamente num programa de melhoramento do milho doce. Neste caso, caracteriza-se muito bem a necessidade de uma "solução urgente" que atende ao mercado, enquanto se estabelecem bases mais sólidas e a longo prazo, tais como a formação de compostos para futura extração de linhagens, com vistas à síntese de híbridos mais produtivos, ou outra solução semelhante.

PATERNIANI (1978, informação pessoal), argumenta que o problema do milho doce no Brasil, pode ser encarado como simplesmente uma questão monogênica, no sentido de que basta introduzir o gen "sugary-1", por exemplo, numa população de milho normal, recuperar depois o genótipo recessivo e em seguida submeter a população a um programa normal de melhoramento, já que a cultura está sujeita aos mesmos enfoques que cercam um programa com milho normal, tais como porte da planta, acamamento e resistência à doenças.

A planta, como um organismo biológico, no en-

tanto, pode ser considerada como um sistema fechado, onde qualquer "interferência" vai gerar um "custo genético", seja em termos de adaptação, ou de resistência à doenças, ou uma outra característica qualquer. Isso fica bem evidenciado analisando-se o trabalho de HARLAN (1976), a respeito de doenças como um fator na evolução das plantas. Sendo um sistema fechado, existe uma "tendência ao equilíbrio" que dificilmente permitirá um "acréscimo genético" sem um posterior "custo". A introdução do gen braquítico em populações de milho normal parece ser um caso bastante típico do "custo em adaptação" exigido pela planta em função da interferência em seu equilíbrio.

Assim, o restabelecimento do equilíbrio em uma população de milho normal agora transformada pela introdução do gen "sugary-1", poderá gerar problemas que tornem os resultados práticos não acessíveis à curto e médio prazo. Um procedimento mais lógico é, então, trabalhar com cultivares de milho doce que há longo tempo vêm sendo submetidas à seleção para caracteres agronômicos e para adaptação em seus locais de origem.

Diversos autores, entre os quais ALLARD (1971), tem demonstrado que o Método do Retrocruzamento presta-se muito bem à "soluções à curto prazo", quando não é necessário modificar demais as características de uma cultivar mas sim incorporar uma, ou, no máximo, poucas características que melhorem a qualidade da mesma. O Método do Retrocruzamento é mui-

to útil, então, já que não é preciso causar grandes modificações à cultivar em questão, abreviando o programa de melhoramento (PATERNIANI, 1978, informação pessoal).

Complementando a justificativa da escolha do Método de Melhoramento, é preciso discutir o fato de que a produção de milho, no Brasil, está repartida por uma grande região geográfica, de características climáticas diferentes, dificultando a obtenção de uma cultivar de ampla adaptação. Assim, imaginou-se que a solução de se testar diversas proporções de germoplasma adaptado/não adaptado, seria viável. Ainda aqui, portanto, o Método escolhido revela-se perfeitamente aplicável, pela rapidez na obtenção dessas populações. Uma vez justificadas então a escolha de cultivares de milho doce pré-existentes e do Método do Retrocruzamento, pode-se avaliar melhor os resultados obtidos neste trabalho. Os valores de Coeficiente de Variação obtidos no experimento permitem deduções em base segura.

Seria desejável que todos os tratamentos fossem testados em diversos locais e épocas a fim de se obter resultados mais completos acerca do comportamento das populações. Porém, o experimento realizado permite afirmar o que segue.

Das Tabelas 5 e 6 pode-se concluir pela adequação do modelo proposto, sendo que as discrepâncias observã-

veis na Tabela 5 são decorrentes de erros inerentes ao cálculo das médias, de que nenhum experimento está livre de todo. A Tabela 7, que representa o teste de semelhança entre parâmetros, evidencia que existem diferenças entre os valores de heteroses específicas entre os cruzamentos, para todas as características com exceção da altura da planta e altura de espiga. Em outras palavras, esse teste demonstra que há cruzamentos com valores de heterose superiores aos demais.

Observando-se os valores de Tabela 3, é possível ter uma visão geral do acerto na escolha das cultivares paternais. Duas delas, a Doce de Cuba e a Golden Bantam representam o que havia em disponibilidade para cultivo até 1977, quando novas introduções foram tentadas, sem grande êxito (RICOBELLIS, 1978, informação pessoal). O híbrido resultante do cruzamento Golden Bantam x Doce de Cuba representa uma solução perfeitamente viável, observando-se caracteres tais como o peso da espiga, altura de planta, textura do pericarpo e sanidade. Mesmo o argumento da dificuldade de produção de sementes do híbrido, em virtude da diferença de ciclo entre as cultivares paternais pode ser compensado pela evidente superioridade do híbrido.

Nem todos os cruzamentos intervarietais mostraram-se igualmente promissores. O caso mais interessante é o do cruzamento Doce de Cuba x Doce Colômbia. Observando-se as Tabelas 3 e 4, pode-se concluir, em concordância com o relata

do por MOLL, SALHUANA e ROBINSON (1961) e D'AYALA VALVA (1975), que, de fato, parece existir um parentesco entre tais cultivares. Tal afirmação pode ser verificada observando-se os valores de heterose para a maioria dos caracteres estudados, nesse cruzamento.

Em relação à altura de planta e altura de espiga, não são desejáveis os valores de heterose encontrados para os cruzamentos Doce de Cuba x Ever Green e Doce de Cuba x San Pedro. Porém, para todos os cruzamentos à exceção de Doce de Cuba x Doce Colômbia, houve um acréscimo muito favorável no peso da espiga, evidenciando a superioridade do híbrido em relação às cultivares paternas.

A não-significância da correlação comprimento da palha x extensão dos danos em todos os tratamentos, analisados, confirma resultados obtidos por outros autores, citados anteriormente. De fato, somente a extensão da palha, além da extremidade da espiga, sem que haja uma boa compacidade da mesma ou ainda a presença de fatores de antibiose, atuando conjuntamente, não favorece a resistência à *Heliothis zea* (REZENDE, 1977, informação pessoal).

Os valores de textura do pericarpo, apresentados na Tabela 9, demonstram que realmente houve incremento na qualidade do produto, quando se utilizou para a síntese de híbridos, cultivares adaptadas x cultivares não-adaptadas. Embora tais dados não se prestem a uma análise estatística pre-

cisa, demonstram que tal caracter é herdável e portanto, passível de melhoramento genético.

A revisão realizada por HUELSEN (1954) evidencia que não existe um método considerado como o mais eficiente na determinação de textura do pericarpo, o que foi confirmado por WANN (1977). Isto se deve ao fato de que vários fatores exercem influência sobre esse caracter, tais como o período de maturação do grão e a textura do tecido imediatamente inferior ao pericarpo, tornando as técnicas de avaliação bastante subjetivas. Sendo um caracter sensorial, porém, a real avaliação dessa característica é dada pelo paladar, que, em última instância, é que classifica a textura do pericarpo. Assim, um método não-convencional como o da mastigação presta-se muito bem à uma classificação simples dessa característica.

Com a única exceção do cruzamento Doce de Cuba x Doce Colômbia, todos os demais híbridos apresentaram pericarpos de textura tenra. Embora haja pouca informação a respeito da herança desse caracter, conforme HUELSEN (1954), parece existir uma relação de dominância do pericarpo tenro sobre o de textura grosseira. De qualquer forma, um estudo estatístico sobre a herança desse caracter implica uma técnica de avaliação quantitativa, como, por exemplo, o uso do penetrômetro, ainda que não apresente muito valor como determinante da qualidade do produto.

Pode-se então reunir todas as informações a respeito dos híbridos intervarietais e concluir por sua evidente superioridade, tanto em relação aos caracteres agrônômicos como em relação à qualidade do pericarpo.

Discutiu-se anteriormente a validade de se tentar obter populações com adaptação ampla, nas condições de cultivo de milho no Brasil. Em vista disso, a procura de germoplasma com adaptação específica a certos locais, principalmente no caso do milho doce, onde a qualidade e a apresentação do produto têm importância primordial, seja para consumo "in natura" ou industrializado, é um procedimento que pode apresentar melhores resultados. Com base nesse argumento e utilizando o Método do Retrocruzamento foram obtidos os retrocruzamentos dos híbridos para com as respectivas cultivares paternais.

Sabe-se que num local onde predominam alta temperatura e alta umidade, na época do cultivo do milho, ocorre maior infestação de doenças e pragas. Nesse local, a utilização de um híbrido onde participam 50% de germoplasma adaptado e 50% de germoplasma não-adaptado é uma solução favorável, já que a perda em qualidade (que efetivamente, neste trabalho, demonstra-se não ocorrer, pelo menos quanto à textura do pericarpo) será compensada pela maior adaptação do híbrido às tais condições climáticas, conforme D'AYALA VALVA e PATERNIA-NI (1975).

Evidentemente, supondo-se uma demanda elevada e constante do produto, será necessário cultivar o milho doce durante todo o ano, utilizando-se irrigação. Numa situação de controle artificial da umidade e de temperatura mais baixa, pode-se esperar que um retrocruzamento na proporção de 75% de germoplasma não-adaptado e 25% de germoplasma adaptado comporte-se bem, originando um produto de qualidade superior e boa produção. É óbvio que somente com o continuar dos trabalhos neste linha de pesquisa vai ser possível acumular um volume de dados suficiente para comprovar na prática a validade de tais informações, que de resto, baseiam-se em observações de campo em dois períodos: verão de 1977 e inverno de 1978 (MACHADO, 1978, dados não publicados).

Sendo assim, as linhas gerais de um programa de melhoramento do milho doce para o Brasil, acatadas as sugestões de MEZZACAPPA (1952) e IKUTA e PATERNIANI (1970), podem ser assim definidas:

a. Seleção massal nas cultivares adaptadas às condições de clima tropical, conforme ZINSLY (1968).

b. Introdução de cultivares de boa qualidade a gro-industriais, ainda que não adaptadas. Seleção massal nes sas cultivares, com ênfase para sanidade e determinação precisa de parâmetros tais como época de florescimento, altura de planta e de espiga e textura do pericarpo. (Os itens a e b devem ser executados simultaneamente).

c. Intercruzamento das cultivares, anotando-se a coincidência de florescimento e observando-se a liberação de pólen pela cultivar utilizada como macho. Tal cuidado justifica-se pelo fato de que frequentemente é preciso utilizar como fêmea a cultivar adaptada, que produz mais sementes de melhor qualidade.

d. Estabelecimento de um programa de retrocruzamentos. Aproveita-se esta fase para eliminar prováveis cruzamentos inferiores, bem como para uma observação preliminar dos híbridos obtidos. Nesta fase são obtidos os retrocruzamentos para ambas as cultivares paternas.

e. Organização de uma rede de ensaios que envolva vários locais e épocas, a fim de que se possa definir bem a adaptação de cada população à determinado local e época.

f. Organização de um cronograma de plantio, com base nos dados experimentais obtidos no item anterior.

g. Paralelamente ao programa descrito nos itens de a. até f., é preciso que o melhorista elabore um programa de melhoramento a longo prazo (ZINSKY, 1976, informação pessoal). Pode-se optar pela síntese por um programa de obtenção de linhagens das cultivares adaptadas, pela maior facilidade de produção de sementes, linhagens estas utilizáveis na formação de populações de maior uniformidade. Sugere-se um esquema do tipo:

$(A \times A')$ x população melhorada

onde

A e A' = linhagens-irmãs

Um programa de melhoramento que acompanhe esse esquema proporciona uma solução de curto prazo, em termos de cultivares de melhor qualidade e possibilita ao melhorista a obtenção de uma ou mais populações-base, utilizáveis em esquemas de melhoramento de populações.

7. CONCLUSÕES

Com base nas considerações feitas, é possível concluir que:

- o estudo de componentes de médias possibilita a obtenção de estimativas com menor margem de erro, dando maior segurança às inferências possíveis sobre o comportamento do material biológico.

- os problemas da produção de milho doce no Brasil resumem-se no binômio produção-qualidade, necessitando de solução urgente.

- a opção escolhida, de se utilizar cultivares de milho doce como base do programa de melhoramento, em vez de utilizá-las apenas como fonte do gen "sugary-1" apresenta maior simplicidade em termos de tempo e recursos necessários.

- o método do retrocruzamento presta-se bem à um programa de melhoramento do milho doce, por sua simplicidade de técnica e menor tempo dispendido.

- os valores de heterose dos cruzamentos demonstram a influência da diversidade genética e do distanciamento geográfico sobre o "vigor de híbrido" e evidenciam a superioridade dos híbridos sobre as cultivares paternas, em termos de adaptação às condições climáticas tropicais.

- o comprimento da palha a partir da extremidade da espiga não é fator preponderante em conferir resistência à lagarta da espiga (*Heliothis zea* Boddie).

- o teste de mastigação presta-se bem à uma avaliação preliminar da textura do pericarpo.

- o programa de melhoramento sugerido mostrou-se eficiente em fornecer, em curto prazo, populações que apresentam maior produção e melhor qualidade, ao mesmo tempo em que origina populações-base para programas de melhoramento mais complexos.

- é necessário maior volume de pesquisas com relação ao melhoramento genético do milho doce, em face da procura crescente do produto pelo mercado consumidor.

8. SUMMARY

The sweet corn crop (*Zea mays* L.) in Brazil faces difficulties in relation to the production and quality of the final product, when the varieties actually available are utilized. Those adapted to tropical climatic conditions, of good production, present too high plants, with problems of lodging, maturation heterogeneity, late cycle and kernels with rough texture pericarp, what restrains their approval by the producer, industry and consumer.

Varieties introduced from mild climate, of good quality, don't adapt themselves to tropical climate, presenting a very reduced production, with serious problems concerning to the sanity of the plant and ears.

The objective of this paper is to evaluate the behaviour of sweet corn varieties under tropical climate

conditions and to define priorities of a breeding program, as well to indicate a way of procedure which makes it possible to obtain rapid progress in relation to the breeding of the crop, and also, to set the basis of a program at long date. It also has been tried to define, if different proportions of germplasm adapted/not adapted represent a solution to the problem of adaptation to specific areas of sweet corn cultivation.

Five sweet corn varieties were utilized, seeing that two acclimated and three introduced from mild climate. It was established an intercross program among them, obtaining some hybrids, which were backcrossed after to the respective parental varieties. A production test was organized, consisting of: parental varieties, hybrids among them, and respective backcrosses. The following characters were evaluated on the "sweet corn green stage": plant height, ear height, ear weight, ear length, number of rows on the ear, length of the husk besides the end of the ear, range of damages caused by the corn earworm (*Heliothis zea* Boddie) and pericarp texture.

The results obtained permitted to conclude that:

- the study of average components makes possible the obtention of valuations with minor error possibility, providing a greater security to the possible

inferences over the behaviour of the biological material.

- the chosen option of utilizing sweet corn varieties as basis of the breeding program, instead of utilizing them only as source of the gene "sugary-1", presents a greater simplicity in relation to time and necessary resources.

- the method of backcross is suitable to an breeding program of the sweet corn because of its technical simplicity and less time wasted.

- the heterosis values of the hybrids show the influence of the genetical differences and the geographic distance over "hybrid strenght", and show clearly the superiority of the hybrids over the parental varieties, in relation to the adaptation to the tropical climatic condictiones.

- the husk length besides on the end of the ear isn't preponderant factor to give resistance to the corn earworm (*Heliothis zea* Boddie).

- the mastication test is suitable to a preliminary evaluation of the pericarp texture.

- The breeding program suggested was efficient in providing, at short date, populations that present a greater production and best quality, at the same time in wich

it originates populations-basis for more complex breeding programs.

- a larger volume of researches is necessary in relation to the sweet corn breeding, by the reason of the increasing demand of the product by the consuming market.

9. LITERATURA CITADA

ALLARD, R.W., 1971. Princípios do melhoramento genético das plantas. Programa de publicações didáticas. USAID/Edgard Blücher. Rio de Janeiro. 381 p.

ANDREW, R.H., R.A. BRINK e N.P. NEAL, 1944. Some effects of waxy and sugary genes on endosperm development in maize. J. Agric. Res. 69(9): 355-371.

ANDREW, R.H., 1969. Ear to row selection for early maturity in sweet corn. Crop Sci. 9: 51-55.

BRIGGS, F.N., 1938. The use of backcross method in crop improvement. Amer. Nat. 72:285-292.

BRIGGS, F.N. e R.W. ALLARD, 1953. The current status of the backcross method of plant breeding. Agron. Jour. 45:131-138.

- CAMERON, J.W., 1947. Chemico-genetic basis for the reserve carbohydrates in maize endosperm. *Genetics* 32:459-485.
- CHAMBLISS, O.L. e E.V. WANN, 1971. Antibiosis in earworm resistant sweet corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96(3): 273-277.
- CREECH, R.G., 1968. Carbohydrate synthesis in maize. *Adv. in Agronomy*, 20:275-318.
- CULPEPPER, C.N. e C.A. MAGOON, 1924. Studies upon the relative merits of sweet corn varieties for canning purposes, and the relation of maturity of corn to the quality of the canned product. *J. Agric. Res.* 28 (5):403-443.
- D'AYALA VALVA, F. e E. PATERNIANI, 1975. Heterose em híbrido intervarietal de milho (*Zea mays* L.) br₂ br₂ (braquítico-2). *Rel. Cient. do Depto. e Inst. de Genética, ESALQ/USP, Piracicaba. SP.* 9: 183-187.
- FIGUEIREDO, A.W., 1970. Comportamento da variedade de milho doce Universidade na baixada fluminense na época de inverno. *Anais da VIII Reunião Bras. de Milho. Porto Alegre, RS.* p. 59-61.
- GERALDI, I.O., 1977. Informação pessoal.

- GNOATTO, I.L., 1969. Análise de cruzamentos dialélicos entre linhagens de milho (*Zea mays* L.) de diversas origens. Tese apresentada à ESALQ/USP para obtenção do grau de M.S. Piracicaba, SP. 80 p.
- GORFINKEL, L., 1948. The influence of crossing on the nicotinic acid content of maize. J. Agric. Sci. 38:339-344.
- GROBMAN, A., W. SALITUANA e R. SEVILLA, 1961. Races of maize in Peru. Proc. Nat. Acad. of Sci./ Nat. Res. Council. 374 p.
- HANSEN, L.A. e J.R. BAGGETT, 1977. Reciprocal differences for plant and ear characteristics in sweet corn. Hort. Sci. 12:60-62.
- HANSEN, L.A., J.R. BAGGETT e K.H. ROWE, 1977. Quantitative genetic analysis of ten characteristics in sweet corn (*Zea mays*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102:158-162.
- HARLAN, H.V. e M.N. POPE, 1922. The use and value of back-cross in small grain breeding. Jour. Hered. 13:319-322.
- HARLAN, J.R., 1976. Diseases as a factor in plant evolution. Ann. Rev. Phytopath. Annual Reviews Inc. p. 31-51.
- HELM, J.L. e M.S. ZUBER, 1969. Pericarp thickness of dent corn inbred lines. Crop Sci. 9:803-804.

HUELSEN, W.A., 1954. Sweet corn. Interscience Publishers Inc. N.Y. e London. 409 p.

IKUTA, H. e E. PATERNIANI, 1970. Programa de "Milho Verde". Rel. Cient. do Depto. e Inst. de Genética. ESALQ/USP. Piracicaba. SP. p. 58-61.

JUGENHEIMER, R.W., 1976. Corn: Improvement, seed production and uses. John Wiley & Sons. N.Y. 670 p.

KRAMER, H.H. e R.L. WHISTLER, 1949. Quantitative effects of certain genes on the amylose content of corn endosperm starch. Agron. J. 41:409-411.

MACHADO, J.A., 1978. Avaliação de populações de milho doce. Mimeografado (não publicado). 7 p.

MANGELSDORF, P.C., 1947. The inheritance of amylaceous sugary endosperm and its derivatives in maize. Genetics 32:448-458.

MANGELSDORF, P.C., 1974. Corn: Its origin, evolution and improvement. Harvard Univ. Press. 262 p.

MATHER, K. e E.C. BARTON-WRIGHT, 1946. The inheritance of nicotinic acid in sweet corn. Nature 157:109-110.

MEZZACAPA, M.P., 1952. Melhoramento do milho doce (*Zea mays saccharata* STU). Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", IX:309-324.

- MOLL, R.H., W.S. SALHUANA e H.F. ROBINSON, 1961. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. Crop Sci. 197-198.
- OSÓRIO, E.A., 1972. Heterose e influência da ação gênica epistática em cruzamentos interracialis de milho (*Zea mays* L.). Dissertação de M.S. ESALQ/USP. Piracicaba, SP, 40 p.
- PATERNIANI, E., 1967. Cruzamentos intervarietais de milho. Rel. Cient. do Depto. e Inst. de Genética. ESALQ/USP. Piracicaba, SP. p. 49-50.
- PATERNIANI, E., 1978. Informação pessoal.
- PIMENTEL GOMES, F., 1973. Estatística Experimental. 5a. ed. Edit. Livraria Nobel S.A. São Paulo.
- REZENDE, J.A.M., 1977. Informação pessoal.
- RICOBELLIS, A., 1977. Informação pessoal.
- SILVA, J.C. e E. PATERNIANI, 1969. Estimativas de parâmetros genéticos, com especial ênfase à epistasia, em cruzamentos intervarietais de milho. Rel. Cient. do Depto. e Inst. de Genética. ESALQ/USP. Piracicaba. SP. p. 122-127.
- SILVA, W.J., 1975. Genética e melhoramento do milho. Boletim nº 3. Fundação Cargill. 64 p.

SMITH, G.M., 1955. Sweet corn. "In" SPRAGUE, G.F., 1955.

Corn and corn improvement. Academic Press, New York.

699 p.

SPRAGUE, G.F., 1955. Corn and corn improvement. Academic

Press, New York. 699 p.

STARKS, K.J. e W.W. MACMILLIAN, 1967. Resistance in corn to

the earworm and fall armyworm. Part II: Types of field

resistance to the corn earworm. J. Econ. Entom. 60(4):

920-922.

TAVARES, F.C.A. e J.R. ZINSLY, 1971. "Correlações fenotípicas

em variedades de milho e respectivos híbridos. Rel.Cient.

do Depto. e Inst. de Genética. ESALQ/USP. Piracicaba, SP.

5:159-167.

TEAS, H.J., J.W. CAMERON e A.C. NEWTON, 1952. Tryptophan,

niacin, indolacetic acid and carbohydrates in developing

sugary and starchy maize kernels. Agron. J. 41:409-411.

VENCOVSKY, R., 1978. Genética Quantitativa. Mimeografado.

36 p.

VENCOVSKY, R., 1978. Informação pessoal.

WANN, E.V. e W.A. HILLS, 1975. Tandem mass selection in a

sweet corn composite for earworm resistance and agronomic

characters. Hort. Sci. 10(2):168-170.

- WANN, E.V., 1977. Sweet corn, that home garden favorite for good nutrition and eating pleasure. Yearbook of Agriculture. USDA. p. 181-186.
- WIDSTROM, N.W. e J.B. DAVIS. 1952. Analysis of two diallel sets of sweet corn inbred for corn earworm injury. Crop Sci. 7:50-52.
- ZINSLY, J.R., 1968. Estudo sobre a seleção massal em milho (*Zea mays* L.). Dissertação apresentada à ESALQ/USP, para obtenção do título de M.S. 60 p.
- ZINSLY, J.R., 1976. Informação pessoal.
- ZUBER, M.S., M.L. FAIRCHILD, A.J. KEASTER, V.L. FERGUSON, G. F. KRAUSE, E. HILDEBRANDE e P.J. LOESCH, 1971. Evaluation of 10 generations of mass selection for corn earworm resistance. Crop Sci. 11:16-18.
- YARNELL, S.H., 1952. Breeding weet corn for resistance to the corn earworm. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 60:379-386.

QUADROS E TABELAS

QUADRO 1. Método dos quadrados mínimos. Modelo matricial utilizado no estudo de com-
ponentes de médias. Piracicaba, 1977.

	X										Y	
	$\hat{m}_1$	$\hat{m}_2$	$\hat{m}_3$	$\hat{m}_4$	$\hat{m}_5$	$\hat{h}_{12}$	$\hat{h}_{13}$	$\hat{h}_{14}$	$\hat{h}_{15}$	$\hat{h}_{24}$	$\hat{h}_{34}$	
m 1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
m 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
m 3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
m 4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
m 5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
F 12	1/2	1/2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
F 13	1/2	0	1/2	0	0	0	1	0	0	0	0	
F 14	1/2	0	0	1/2	0	0	0	1	0	0	0	
F 15	1/2	0	0	0	1/2	0	0	0	1	0	0	
RC 12,1	3/4	1/4	0	0	0	1/2	0	0	0	0	0	
RC 12,2	1/4	3/4	0	0	0	1/2	0	0	0	0	0	
RC 13,1	3/4	0	1/4	0	0	0	1/2	0	0	0	0	
RC 14,1	3/4	0	0	1/4	0	0	0	1/2	0	0	0	
RC 14,4	1/4	0	0	3/4	0	0	0	1/2	0	0	0	
RC 15,5	1/4	0	0	0	3/4	0	0	0	1/2	0	0	
RC 15,1	3/4	0	0	0	1/4	0	0	0	1/2	0	0	
RC 24,4	0	1/4	0	3/4	0	0	0	0	0	1/2	0	
RC 34,4	0	0	1/4	3/4	0	0	0	0	0	0	1/2	

TABELA 1. Modelo da análise de variância para os caracteres considerados. Piracicaba, 1977.

Fonte de variação	G L	QM
Blocos	$b - 1$	$SQ_1 / (b - 1)$
Tratamentos	$t - 1$	$SQ_2 / (t - 1)$
Erro	$(b - 1)(t - 1)$	$SQ_3 / (b - 1)(t - 1)$

TABELA 2. Quadro geral da análise da variância para os caracteres considerados. Piracicaba, 1977

AP (m)		AE (m)		CE (cm)		NF (no)	
QM	F	QM	F	QM	F	QM	F
Blocos	2,1089	0,9574		131,2752		0,0027	
Tratamentos	35,55121	43,09**	39,0412	61,48**	637,7174	9,33**	10,3960
							21,19**
Erro	0,8945	0,6350		68,3354		0,4908	
$\bar{X} = 1,81$ m		$\bar{X} = 0,96$ m		$\bar{X} = 17,42$ cm		$\bar{X} = 14,01$	
CV = 5,2%		CV = 8,3%		CV = 4,75%		CV = 1,88%	

(continua)

Continuação da TABELA 2.

PE (g)		CP (cm)		ED (cm)	
QM	F	QM	F	QM	F
4580,5745		11,911475		6,1419	
526885,0292	23,24**	36,346506	5,55**	43,0175	11,88**
22672,2690		6.552252		3,6225	
$\bar{X} = 159,22 \text{ g}$		$\bar{X} = 5,14 \text{ cm}$		$\bar{X} = 4,50 \text{ cm}$	
CV = 9,46%		CV = 10,7%		CV = 9,64%	

TABELA 3. Quadro geral dos valores dos caracteres estudados para cada tratamento, Piracicaba, 1977.

	AP (m)	AE (m)	PE (g)	CE (cm)	NF (nº)	CP (cm)	ED (cm)
Golden Bantam	0,97	0,28	75,83	14,66	11,56	5,89	4,80
Doce de Cuba	1,98	1,23	214,90	18,33	15,51	3,73	1,85
Bantam x Cuba	1,82	0,83	206,50	19,33	14,26	4,83	4,23
Bantam x (Bantam x Cuba)	1,41	0,54	140,75	16,63	12,62	7,40	5,13
Cuba x (Bantam x Cuba)	1,98	1,10	176,65	17,33	14,24	5,60	3,33
Ever Green	1,38	0,54	90,18	16,48	14,16	7,83	5,30
Ever Green x Cuba	2,06	1,08	202,20	18,53	15,35	4,98	4,18
Cuba x (Ever Green x Cuba)	2,10	1,27	179,48	17,58	14,75	4,20	2,33
Colômbia	1,71	0,89	154,40	17,45	13,21	5,10	3,95
Colômbia x Cuba	2,01	1,24	166,50	18,13	13,65	4,30	2,95
Colômbia x (Colômbia x Cuba)	1,96	1,12	165,35	17,58	13,42	4,15	2,90
Cuba x (Colômbia x Cuba)	2,11	1,41	163,98	16,55	14,32	3,33	1,93
San Pedro	1,55	0,55	123,70	16,10	15,47	7,60	6,30
San Pedro x Cuba	2,09	1,06	188,58	17,28	15,10	7,13	3,80
San Pedro x (San Pedro x Cuba)	1,79	0,83	143,58	16,38	15,57	7,73	5,43
Cuba x (San Pedro x Cuba)	2,16	1,36	151,35	16,70	15,15	5,13	2,05
Colômbia x (Bantam x Colômbia)	1,66	0,80	135,45	17,60	12,37	5,36	4,90
Ever Green x Colômbia	--	--	--	--	--	--	--
Ever Green x (Ever Green x Colômbia)	--	--	--	--	--	--	--
Colômbia x (ever Green x Colômbia)	1,79	0,94	163,10	17,93	13,05	6,13	4,33
Nutrimaiz	1,91	1,12	184,18	20,40	12,90	6,00	2,93

AP = Altura de planta (m)

AE = Altura de espiga (m)

PE = Peso da espiga (g)

CE = Comprimento da espiga (cm)

NF = Número de fileiras na espiga (nº)

CP = Comprimento da palha (cm)

ED = Extensão dos danos (cm)

TABELA 4. Quadro geral com médias e valores de heterose estimados pelo método dos quadrados mínimos para os caracteres considerados. Piracicaba, 1977.

	$\hat{m}_1$	$\hat{m}_2$	$\hat{m}_3$	$\hat{m}_4$	$\hat{m}_5$	$\hat{h}_{12}$	$\hat{h}_{13}$	$\hat{h}_{14}$	$\hat{h}_{15}$	$\hat{h}_{24}$	$\hat{h}_{34}$
Altura da planta (m)	2,07	0,97	1,38	1,74	1,53	0,3144	0,3525	0,1564	0,3182	0,2240	0,2804
Altura da espiga (m)	1,36	0,27	0,54	0,90	0,55	0,01	0,1518	0,1642	0,1663	0,1108	0,2580
Peso da espiga (g)	183,7	76,96	90,18	157,0	121,77	69,6953	59,8736	-7,3973	20,3860	-3,1746	45,5149
Comprimento da espiga (cm)	17,20	14,60	16,48	17,46	16,03	2,9979	1,5662	0,3507	0,3835	1,7180	1,4375
Nº de fileiras (nº)	15,12	11,49	14,16	13,21	15,57	0,7191	0,5158	-0,5408	-0,1505	-0,8220	-0,7965
Comprimento da palha (cm)	3,70	6,50	7,83	4,96	7,75	0,7511	-0,8422	-0,4122	1,4084	0,0343	0,9100
Extensão dos danos (cm)	1,47	4,98	5,30	3,78	6,47	1,3437	0,6000	0,0799	-0,2645	1,6413	0,3407

$\hat{m}_1$ = Doce de Cuba
 $\hat{m}_2$ = Golden Bantam
 $\hat{m}_3$ = Ever Green
 $\hat{m}_4$ = Doce Colômbia
 $\hat{m}_5$ = San Pedro

TABELA 5. Comparação entre valores dos caracteres considerados, calculados para a análise de variância (1) e aqueles obtidos no estudo de Componentes de Médias (2). Piracicaba, 1977.

		AP	AE	PE	CE	NF	CP	ED
Doce de Cuba	(1)	1,98	1,23	214,90	18,35	15,51	3,73	1,85
	(2)	2,07	1,36	183,70	17,20	15,12	3,70	1,47
Golden Bantam	(1)	0,97	0,28	75,83	14,66	11,56	5,89	4,80
	(2)	0,97	0,27	76,96	14,60	11,49	6,50	4,98
Ever Green	(1)	1,38	0,54	90,18	16,48	14,16	7,83	5,30
	(2)	1,38	0,54	90,18	16,48	14,16	7,83	5,30
Colômbia	(1)	1,71	0,89	154,40	17,45	13,21	4,30	2,95
	(2)	1,74	0,90	157,00	17,46	13,21	4,96	3,78
San Pedro	(1)	1,55	0,55	123,70	16,10	15,47	7,13	3,80
	(2)	1,53	0,55	121,77	16,03	15,57	7,75	6,47

TABELA 6. Demonstração dos resultados obtidos com o teste da representatividade do modelo proposto, para os sete caracteres avaliados. Piracicaba, 1977.

F. de Variação	GL	SQ	QM	F(teste)
Parâmetros	11	60,5980		
Desvios	7	0,0274	0,003915	1,75 ns
TOTAL	18	60,6254		
Resíduo	54		0,002237	
ALTURA DA PLANTA				
Parâmetros	11	17,8656		
Desvios	7	0,0475	0,006786	4,27**
TOTAL	18	17,9131		
Resíduo	54		0,001588	
ALTURA DA ESPIGA				
Parâmetros	11	5375,2220		
Desvios	7	3,3645	0,480643	2,81*
TOTAL	18	5378,5865		
Resíduo	54		0,170839	
COMPRIMENTO DA ESPIGA				
Parâmetros	11	3601,2695		
Desvios	7	0,5874	0,083915	68,39**
TOTAL	18	3601,8569		
Resíduo	54		0,001227	
Nº DE FILEIRAS				
Parâmetros	11	498934,0523		
Desvios	7	2515,4040	359,3434	6,34**
TOTAL	18	471449,4563		
Resíduo	54		56,6807	
PESO DA ESPIGA				
Parâmetros	11	591,3112		
Desvios	7	4,2766	0,610943	37,30**
TOTAL	18	595,5878		
Resíduo	54		0,016381	
COMPRIMENTO DA PALHA				
Parâmetros	11	298,3831		
Desvios	7	1,3856	0,197943	21,86**
TOTAL	18	299,7687		
Resíduo	54		0,009057	
EXTENSÃO DOS DANOS				

TABELA 7. Demonstração dos resultados obtidos com o teste da semelhança entre parâmetros, para os sete caracteres avaliados. Piracicaba, 1977.

F. de Variação	GL	SQ	SQ_h	QM_h	F_h
Parâmetros	6	60,5745	0,0235	0,004700	2,10ns
Desvios	7	0,0508			
TOTAL	18	60,6253			
ALTURA DE PLANTA					
Parâmetros	6	17,8475	0,0181	0,003620	2,28ns
Desvios	7	0,0656			
TOTAL	18	17,9131			
ALTURA DA ESPIGA					
Parâmetros	6	5370,5110	4,7110	0,942200	5,52**
Desvios	7	8,0754			
TOTAL	18	5378,5865			
COMPRIMENTO DA ESPIGA					
Parâmetros	6	3600,2012	1,0683	0,213660	174,13**
Desvios	7	1,6558			
TOTAL	18	3601,8570			
Nº DE FILEIRAS					
Parâmetros	6	464869,4969	4064,5554	812,9111	14,34**
Desvios	7	6579,9594			
TOTAL	18	471449,4563			
PESO DA ESPIGA					
Parâmetros	6	587,8336	3,4776	0,695520	42,46**
Desvios	7	7,7542			
TOTAL	18	595,5878			
COMPRIMENTO DA PALHA					
Parâmetros	6	296,6774	1,7057	0,341140	37,66**
Desvios	7	3,0913			
TOTAL	18	299,7687			
EXTENSÃO DOS DANOS					

TABELA 8. Valores de correlação fenotípica entre comprimento da palha (cm) e extensão dos danos (cm) causados pela lagarta da espiga (*Heliothis zea*). Piracicaba, 1977.

	r	t
Golden Bantam	-0,10	-0,28 ns
Doce de Cuba	0,05	0,13 "
Bantam x Cuba	0,15	0,40 "
Bantam x (Bantam x Cuba)	-0,06	-0,16 "
Cuba x (Bantam x Cuba)	0,07	0,19 "
Ever Green	0,23	0,62 ns
Doce de Cuba	0,05	0,13 "
Ever Green x Cuba	0,13	0,35 "
Ever Green x (Ever Green x Cuba)	-	-
Cuba x (Ever Green x Cuba)	0,02	0,05 ns
Colômbia	-0,01	-0,03 ns
Doce de Cuba	0,05	0,13 "
Colômbia x Cuba	0,04	0,11 "
Colômbia x (Colômbia x Cuba)	-0,18	-0,48 "
Cuba x (Colômbia x Cuba)	0,09	0,24 "
San Pedro	0,35	0,84 ns
Doce de Cuba	0,05	0,13 "
San Pedro x Cuba	0,03	0,24 "
San Pedro x (San Pedro x Cuba)	0,08	0,21 "
Cuba x (San Pedro x Cuba)	0,09	0,24 "
Golden Bantam	-0,10	-0,28 ns
Colômbia	-0,01	-0,03 "
Bantam x Colômbia	-	-
Bantam x (Bantam x Colômbia)	-	-
Colômbia x (Bantam x Colômbia)	-0,32	-0,88 ns
Ever Green	0,23	0,62 ns
Colômbia	-0,01	-0,03 "
Ever Green x Colômbia	-	-
Ever Green x (Ever Green x Colômbia)	-	-
Colômbia x (Ever Green x Colômbia)	-0,10	-0,27 ns
NUTRIMAIZ	0,17	-0,45 ns

TABELA 9. Valores de textura do pericarpo para os tratamentos considerados de acordo com o seguinte critério: 1 = textura tenra; 2 = textura intermediária; 3 = textura grosseira. Piracicaba, 1977.

Golden Bantam	1
Doce de Cuba	3
Bantam x Cuba	1
Bantam x (Bantam x Cuba)	1
Cuba x (Bantam x Cuba)	2
Ever Green	1
Doce de Cuba	3
Ever Green x Cuba	1
Ever Green x (Ever Green x Cuba)	2
Cuba x (Ever Green x Cuba)	3
Colômbia	2
Doce de Cuba	3
Colômbia x Cuba	3
Colômbia x (Colômbia x Cuba)	3
Cuba x (Colômbia x Cuba)	3
San Pedro	1
Doce de Cuba	3
San Pedro x Cuba	1
San Pedro x (San Pedro x Cuba)	1
Cuba x (San Pedro x Cuba)	3
Golden Bantam	1
Colômbia	2
Bantam x Colômbia	1
Bantam x (Bantam x Colômbia)	1
Colômbia x (Bantam x Colômbia)	1
Ever Green	1
Colômbia	2
Ever Green x Colômbia	1
Ever Green x (Ever Green x Colômbia)	1
Colômbia x (Ever Green x Colômbia)	1
Nutrimaiz	3