

A EFICIÊNCIA DE ALGUNS CULTIVARES DE MILHO
[*Zea mays* L.] NA PRODUÇÃO DE GRÃOS

GUILLERMO PATRICIO BARRIGA BEZANILLA

ENGENHEIRO AGRÔNOMO

INSTITUTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL - UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
VALDIVIA - CHILE

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.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
1971

A minha esposa e

aos meus filhos

dedico.

AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar seus sinceros agradecimentos a todos aquêles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a execução do presente trabalho, e de maneira especial a:

Prof. Dr. Roland Vencovsky, Conselheiro Principal, cujos ensinamentos, incentivo e amizade, tornaram possível a execução d'êste trabalho;

Profs. Drs. Ernesto Paterniani e João R. Zinsly, pelas sugestões e críticas construtivas na realização do trabalho;

Prof. Dr. Almiro Blumenschein, pelas facilidades concedidas como Diretor do Instituto de Genética;

Prof. Dr. Celso L. de Moraes, pelas facilidades oferecidas como responsável pelo Laboratório de Nutrição Animal;

Prof. José F. Pisani e Prof. Dr. Cassio R.M. Godoi, pelas proveitosas discussões e auxílio em alguns aspectos da análise estatística, respectivamente;

Eng^o Agr^o José Branco de Miranda Filho, pela leitura cuidadosa do manuscrito;

Universidad Austral de Chile, pela oportunidade de aperfeiçoamento concedida;

Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas (IICA) da OEA, pela bolsa de estudos recebida durante todo o período de pós-graduação;

Funcionários e bolsistas do Departamento de Genética, entre êles, Eng^{os}. Agr^{os}. Natal A. Vello e Flavio C. A. Tavares, e Sr. Walter R. Pompermayer, pelo auxílio na coleta dos dados; Sr. Ayrton Rasera, pela ajuda nos cálculos estatísticos; Sra. Elisa da Silva Peron e Sr. José Broglio, pela colaboração na impressão d'êste trabalho.

ÍNDICE

	Pág.
LISTA DAS TABELAS	V
LISTA DAS FIGURAS	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Cruzamentos intervarietais	3
2.2. Relação entre tipo de planta e produção de grãos	10
3. MATERIAL	23
4. MÉTODOS	25
4.1. Técnica Experimental	25
4.2. Obtenção dos índices individuais	27
4.3. Índice geral e estimação dos valores relativos como me- dida de eficiência das populações	28
4.4. Análises estatísticas e genéticas	30
4.5. Estimação de médias de produção de grãos e eficiência, em compostos intervarietais	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Análise dos caracteres	33
5.2. Índices individuais	38
5.3. Eficiência das populações na produção de grãos	41
5.4. Estimação de médias de compostos com relação à produção de grãos e eficiência	44
6. CONCLUSÕES	45
7. RESUMO	49
8. SUMMARY	51
9. LITERATURA CITADA	53

LISTA DAS TABELAS

	Pág.
1. Dados experimentais: produção de grãos, em gramas por planta, das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.) (Densidade de plantio: 33.333 plantas/ha).....	61
2. Dados experimentais: matéria sêca (excluindo a dos grãos e raízes) em gramas por planta das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.)	62
3. Dados experimentais: área foliar em cm ² por planta, das vinte populações de milho estudadas. (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.).....	63
4. Dados experimentais: altura das plantas, em m. nas vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.)..	64
5. Dados experimentais: altura da espiga, em m., das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.)....	65
6. Dados experimentais: número total de fôlhas por planta das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.)	66
7. Dados experimentais: número de fôlhas acima da espiga, em porcentagem do número total de fôlhas da planta, das vinte populações de milho estudadas. (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.)...	67
8. Dados experimentais: número de dias para o florescimento das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.)	68
9. Resultados das análises da variância relativas à produção de grãos (P), matéria sêca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de fôlhas (NTF), porcentagem de fôlhas acima da espiga (FAE) e nº de dias para o florescimento (DF), das vinte populações de milho. (1970-71). (Análises dos dados das Tabelas 1 a 8)	69

10. Valores médios observados por planta, para os caracteres produção de grãos (P), matéria seca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de folhas (NTF), porcentagem de folhas acima da espiga (FAE) e nº de dias para o florescimento (DF), das vinte populações de milho estudadas, 1970-71..... 70
11. Valores de F e as respectivas significâncias para os caracteres produção de grãos (P), matéria seca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de folhas (NTF), porcentagem de folhas acima da espiga (FAE), e nº de dias para o florescimento (DF), referentes às 15 populações em dialélico. (Análise da variância do dialélico segundo GARDNER e EBERHART (1966); c.g.c. conforme GRIFING (1956) 71
12. Valores da heterose expressa em relação à média dos pais (MP) e ao pai de maior média (PM) dos dez híbridos, para os caracteres produção de grãos (P), matéria seca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de folhas (NTF), porcentagem de folhas acima da espiga (FAE) e nº de dias para o florescimento (DF) 72
13. Resultados das análises da variância, blocos ao acaso, relativas aos índices individuais das vinte populações de milho estudadas, 1970-71. (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = nº total de folhas; FAE = porcentagem de folhas acima da espiga, e DF = nº de dias para o florescimento)... 73
14. Valores médios obtidos para os índices individuais nas vinte populações de milho estudadas, 1970-71. (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = nº total de folhas; FAE = porcentagem de folhas acima da espiga e DF = nº de dias para o florescimento) 74

15. Valores de F e as respectivas significâncias para os índices individuais. (Análise da variância do dialélico segundo GARDNER e EBERHART (1966); c.g.c. conforme GRIFFING (1956) (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = nº total de fôlhas; FAE = porcentagem de fôlhas acima da espiga e DF = nº de dias para o florescimento)..... 75
16. Valores da heterose expressa em relação à média dos pais (MP) e ao pai de maior médio (PM) dos dez híbridos, para os índices individuais. (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = nº total de fôlhas; FAE = porcentagem de fôlhas acima da espiga e DF = nº de dias para o florescimento) 76
17. Valores da produção estandardizada de grãos por planta (W_j), índice geral (I_j) e eficiência (E_j), das vinte populações de milho estudadas 77
18. Análise da variância relativa à eficiência das 15 populações de milho em dialélico (Análise segundo GARDNER e EBERHART (1966) e GRIFFING (1956)) 78
19. Eficiência média das cinco variedades e dos dez híbridos, e as respectivas estimativas de capacidade geral de combinação das variedades 79
20. Estimativas da produção estandardizada de grãos e da eficiência para os diferentes compostos possíveis de serem formados a partir das cinco variedades estudadas 80

LISTA DAS FIGURAS

	Pág.
1. Gráfico comparativo da produção de grãos por planta estandardizada (W) e eficiência (E), dos dez híbridos, as respectivas populações parentais e as cinco testemunhas	82
2. Gráfico representativo da eficiência (E) dos híbridos e das respectivas populações parentais	83
3. Comparação das estimativas da produção de grãos estandardizada (W) e da eficiência (E) dos possíveis compostos, formados a partir das variedades Piracar I (1), WP 17 (2), WP 24 (3) WP 25 (4) e WP 33 (5)	84

1. INTRODUÇÃO

No melhoramento em geral, um dos objetivos primordiais é a obtenção de genótipos com maior capacidade produtiva e que apresentem boas características agronômicas. Tendências recentes têm mostrado a necessidade de se procurar obter plantas não só mais produtivas como também mais eficientes na conversão de nutrientes em grãos (JENNINGS, 1964 e DONALD, 1968).

O melhoramento do milho tem sido conduzido principalmente para a obtenção de maiores produções por planta. A eficiência das plantas, porém, tem recebido uma atenção secundária em nosso meio. Sabe-se, no entanto, que o milho atual não é uma planta eficiente, estando ainda distante de um tipo ideal ou ideotipo (BROWN, 1965; ANDERSON, 1967 e PENDLETON, 1968).

Recentemente têm sido feitas tentativas neste sentido, por parte dos melhoristas, visando obter um tipo de planta mais eficiente na conversão dos recursos naturais em grãos, seja por unidade de matéria seca ou de área foliar produzida.

Devido à importância atual dos cruzamentos intervarietais, no melhoramento do milho, resolveu-se empregá-los no presente trabalho, para estudar o comportamento de cinco variedades não comerciais de milho e seus respectivos híbridos intervarietais, do ponto de vista da eficiência das plantas na produção de grãos. Empregaram-se cruzamentos dialélicos a fim de avaliar a heterose, a capacidade geral e específica da combinação, bem como estimar o comportamento de compostos (possíveis de serem sintetizados) do ponto de vista da eficiência. Para termo de comparação foram incluídos, cinco cultivares comerciais.

No final, procurou-se obter, dos dados, informações que pudessem ser úteis para a condução de um melhoramento genético do milho, no tocante à eficiência das plantas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Antes de apresentar a revisão da literatura, seria interessante dizer que ela foi feita em duas etapas: 1º) contendo uma revisão de trabalhos sôbre cruzamentos intervarietais, a fim de verificar qual a importância neles dadas aos problemas da eficiência das plantas; e 2º) contendo os mais recentes estudos feitos com relação à arquitetura ou tipo de planta, ou seja, trabalhos relacionados com a eficiência das plantas.

2.1. Cruzamentos intervarietais

Beal em 1877, citado por SPRAGUE (1955), foi o primeiro a apresentar dados experimentais sôbre híbridos intervarietais de milho, salientando que estes foram de 10 a 50% mais produtivos que as variedades parentais. Nos anos seguintes, muitos trabalhos foram conduzidos nesta mesma área.

De especial interêsse é o trabalho de RICHEY (1922) que resumiu os dados de 244 comparações entre a primeira geração de híbridos intervarietais e as variedades parentais. Do total dessas comparações, 82,4% dos cruzamentos produziram mais e 17,6% menos do que a média dos pais. Além disso, 55,7% dos cruzamentos produziram mais do que o pai mais produtivo. Richey também observou a necessidade de existir diversidade genética entre os tipos para se obter a máxima heterose em cruzamentos intervarietais; notou ainda que as variedades mais produtivas tendiam a dar híbridos também mais produtivos.

Apesar da existência destes resultados satisfatórios, o uso de semente F_1 de cruzamentos intervarietais não se difundiu. GARDNER e LONNQUIST (1966) apontam como causas a inconsistência dos resultados obtidos e a não manutenção e aumento dos estoques que apresentavam bons valores heteróticos. Isto, aliado ao crescente interesse pelo milho híbrido naquela época, resultou num abandono deste método de melhoramento.

No entanto, já em 1945 era evidente que os progressos obtidos com o milho híbrido não eram os esperados, apesar da introdução de processos novos como o melhoramento convergente e outras técnicas (ROBINSON e MOLL, 1965). Com isto ficou evidente a necessidade da obtenção de populações básicas melhores, aparecendo um renovado interesse no estudo de variedades e cruzamentos intervarietais de milho.

Deste modo, ROBINSON et al. (1958) estudaram as variedades Jarvis e Indian Chief e a geração F_1 , para a produção de grãos, sendo a heterose, em relação à média dos pais, de 126%. Os valores obtidos para os componentes da variância genética permitiram concluir que um modelo com efeitos gênicos aditivos e dominância seria adequado para explicar os resultados.

LONNQUIST e GARDNER (1961) utilizando 12 variedades ou compostos, estudaram a heterose entre êles, como um guia na seleção de estoques, com os quais pudessem iniciar um programa de seleção recorrente recíproca. A heterose observada em relação à produção média dos pais foi de 108,5, e de 102,8% em relação ao pai mais produtivo, sendo em geral os efeitos aditivos mais importantes que os efeitos não aditivos.

MOLL et al. (1962) estudaram os intercruzamentos de variedades de três regiões geográficas diferentes. A heterose, em relação à média dos pais foi de 104% para os cruzamentos dentro das regiões e de 124% para os cruzamentos entre regiões. Os resultados indicaram que uma maior diversidade genética entre as variedades parentais estava associada a uma maior heterose nos cruzamentos intervarietais.

PATERNIANI (1961) e PATERNIANI e LONNQUIST (1963) estudaram o comportamento de 12 variedades de milho e 63 cruzamentos entre elas com relação à produção. Essas variedades são representativas de raças de milho bastante diversas não só com relação à origem geográfica, como ao tipo de endosperma e à capacidade de produção. Os resultados obtidos revelaram uma heterose média dos cruzamentos interraciais da ordem de 33% em relação à média dos pais e de 14% em relação ao pai mais produtivo. Além disso, constatou-se grande diversidade genética, tanto dentro como entre os diferentes grupos de milhos, com relação ao tipo do endosperma e também com relação à capacidade de produção das raças. Os efeitos aditivos dos genes foram muito mais importantes que os efeitos não aditivos, para a produção.

Sabia-se, segundo os trabalhos de PATERNIANI (1961), MOLL et al (1962), e PATERNIANI e LONNQUIST (1963) que a heterose em milho aumentava com a maior diversidade genética entre as variedades ou populações parentais. Mais recentemente, MOLL et al. (1965) apresentaram nova contribuição sobre a associação entre a heterose e a diversidade genética. Eles utilizaram 8 populações representando quatro regiões geográficas diferentes bem como suas 28 gerações F_1 e F_2 correspondentes; desta forma, foram usados oito níveis de diversidade genética. Os resultados indicaram que a heterose aumentou com a diversidade genética entre as variedades parentais; no entanto, cruzamentos extremamente divergentes, causaram uma diminuição na heterose.

COMPTON et al. (1965) cruzando as variedades Barber Reid e Golden Republic, obtiveram uma heterose de 7% para produção, 1,6% para número de espigas por planta, 5% para acamamento, 0,4% no número de dias para o florescimento e 0,8% para altura da espiga, em relação à média dos pais. Os autores não encontraram evidências de epistase, sendo os efeitos aditivos e dominantes suficientes para explicar a variação genética observada.

Da mesma forma GARDNER (1965) estudando 4 variedades, as gerações F_1 e populações delas derivadas, num total de 26 populações, e tendo utilizado um modelo de ação gênica aditiva e dominante, observou que a heterose estimada para a produção, em relação à média dos valores esperados dos pais, variou de 4,6 a 11,9%. O autor concluiu que, caso existisse epistase neste material, seria de diversos tipos, com efeitos opostos cancelando-se mutuamente em sua ação sobre as médias. Assim, a heterose observada foi atribuída à dominância dos genes favoráveis para rendimento, nas variedades usadas.

WELHAUSEN (1965) estudando o comportamento de cruzamentos intraraciais de milho, observou que a heterose para produção, em relação à média dos pais, variou de 11,9% a 25,3%, e com relação ao pai mais produtivo de 10,3% a 15,3%, indicando os resultados, presença de apreciável diversidade genética.

Os melhoristas, atualmente, vêm empregando com bastante frequência os cruzamentos dialélicos, em programas de melhoramento em que dispõem de um número amplo de raças ou germoplasmas básicos, a fim de indicar as populações mais promissoras e para avaliação do vigor de híbrido. Assim, vários autores já utilizaram esse método na análise de dados de cruzamentos intervarietais.

HALLAUER e EBERHART (1966) por exemplo, estudaram cruzamentos dialélicos entre nove variedades sintéticas de milho, e analisaram a produção, com base em modelos de GARDNER (1965) e GARDNER e EBERHART (1966). Os resultados indicaram diferenças significativas para os efeitos de variedades (v_j), heterose média (\bar{h}) e heterose de variedades (h_j), não sendo significativos os efeitos de heterose específica (s_{jj}). A heterose observada em relação ao pai constante, à média dos pais e ao pai mais produtivo, foi de 12,11 e 6% respectivamente. Os autores, com base nos dados, mencionam a

possibilidade de escolher algumas das variedades sintéticas para um programa tanto de seleção recorrente para capacidade geral de combinação, como para seleção recorrente recíproca.

GARDNER e PATERNIANI (1967) usaram seis variedades de milho, as gerações F_1 , F_2 e os retrocruzamentos correspondentes, num total de 66 populações. Os autores verificaram significância apenas para os efeitos de variedades (v_j) e para a heterose média (\bar{h}). Não houve diferenças significativas entre as heteroses dos cruzamentos. Os efeitos epistáticos mostraram-se não significativos, bem como os desvios com relação ao modelo. Portanto, a heterose manifestada foi consequência, principalmente, da dominância gênica. A heterose média para produção, estimada no experimento, foi de 15,4%. Estes autores sugerem ainda a possibilidade de se obter compostos a partir de variedades de alta produção e que em cruzamentos exibem suficiente heterose. Ressaltam que tais compostos podem servir como populações-base para seleção, já que devem apresentar suficiente variabilidade genética e alta produtividade inicial.

CASTRO et al. (1968) estudaram cinco variedades, cada uma representante de um grupo racial diferente, e 35 outras populações delas derivadas. Procuraram investigar se a epistase era um fator de importância quando eram cruzadas variedades de origens mais diversas. Procuraram ainda investigar o valor destas variedades como matéria prima para o melhoramento, bem como predizer a média de compostos nas diversas combinações raciais a fim de obter informação para futuros programas de seleção. Os caracteres estudados foram produção de grãos, número de dias para o florescimento, altura da planta e número de espigas de dez plantas. A variabilidade entre as médias das populações foi analisada de acordo com o modelo proposto por GARDNER e EBERHART (1966). Como os desvios em relação ao modelo foram significativos apenas para o número de dias para o florescimento, ao nível

de 5% de probabilidade, os autores concluíram que a epistase não foi de importância para todos os caracteres estudados, apesar de as raças empregadas serem de origens diversas. Além disso, as raças mostraram-se diferentes com relação aos seus efeitos aditivos e dominantes para todos os caracteres. Os híbridos, por sua vez, apresentaram a mesma resposta heterótica.

Entre os compostos estimados por CASTRO et al. (1968), envolvendo três raças diferentes, alguns mostraram-se muito promissores, sendo que um deles apresentou uma média estimada de produção de 8,227 T/ha. Isto sugere que estas populações compostas podem ser usadas como material genético básico em programas de seleção massal antes de iniciar qualquer programa de melhoramento envolvendo endogamia.

Merecem menção os resultados obtidos por HALLAUER e SEARS (1968), com relação à produção, no estudo do comportamento de nove variedades de milho em cruzamentos dialélicos, feitos com base no modelo de GARDNER e EBERHART (1966). Estes mostraram diferenças significativas tanto para os efeitos de variedades, heterose média, heterose de variedades, como para heterose específica, ao nível de 5% de probabilidade. A heterose média, em relação à média dos pais e ao pai mais produtivo, foi de 9,8 e 4,2%, respectivamente. Estas heteroses observadas indicaram diferença na frequência genética para os locos envolvidos na produção bem como alguma forma de dominância. Os autores mencionam também a possibilidade de escolher algumas variedades para iniciar um programa de seleção recorrente recíproca e outras para seleção recorrente visando a capacidade geral de combinação.

TROYER e HALLAUER (1968) estudaram cruzamentos dialélicos entre dez variedades de milho duro, analisando a produção de grãos, umidade dos grãos, frequência de plantas eretas, altura da espiga, número de espigas por planta, número de perfilhações, altura da planta e número de dias para o florescimento, empregando uma análise baseada na capacidade de

combinação além da metodologia de GARDNER e EBERHART (1966). Os resultados revelaram uma heterose média, para produção, de 72% em relação à média dos pais e de 43% em relação ao pai mais produtivo. Esta grande heterose observada nos cruzamentos de variedades, indicam que as variedades foram geneticamente diversas.

Pode ser mencionado ainda, o trabalho de SILVA (1969) que estudou as gerações parentais, F_1 , F_2 e retrocruzamentos envolvendo três variedades de milho de origens geográficas diferentes e com características bem contrastantes. Estudou os caracteres produção de grãos, número de espigas por planta, número de fileiras de grãos por espiga, número de grãos por planta, peso médio de 50 grãos e número de dias para o florescimento, e aplicou o modelo proposto por EBERHART e GARDNER (1966) modificado por GARDNER e PATERNIANI (1967). O autor verificou inexistência de epistase intervarietal, na determinação dos valores médios de todos os caracteres estudados. Além disso, os valores elevados para os efeitos de variedades e heterose, no que concerne à produção de grãos, peso médio de 50 grãos e número de dias para o florescimento permitiram concluir que houve grande diversidade genética entre as variedades estudadas, bem como a importância da dominância na determinação desses caracteres.

Finalmente, PATERNIANI (1970) estudou o comportamento de 5 variedades ou populações dentadas, 11 variedades ou populações duras e os híbridos semi-dentados entre esses dois grupos. A heterose observada para produção, em relação à média dos pais, variou de 1,1% a 19,1%. Além disso, observou que vários híbridos produziram até mais que o híbrido duplo H 6999 B que é de alta produtividade.

Verifica-se, assim, do exame da literatura, até aqui revisada, que os cruzamentos intervarietais de milho têm recebido muita atenção, porque permitem investigar e orientar a utilização do vigor híbrido dos melhores

cruzamentos; permitem orientar a síntese de compostos de variedades com elevada frequência de genes favoráveis, que os tornam especialmente indicados como fontes de linhagens endogâmicas para a produção de híbridos superiores; e permitem estudar a magnitude da variabilidade genética interpopulacional bem como estimar parâmetros genéticos de caracteres quantitativos.

Nota-se, no entanto, que a ênfase dada nos cruzamentos intervarietais tem sido dirigida ao estudo de caracteres agronômicos simples. Não se procurou, nestes experimentos aqui relatados, investigar aspectos relacionados com a eficiência ou a arquitetura das plantas.

2.2. Relação entre tipo de planta e produção de grãos

Os melhoristas têm desenvolvido muitas técnicas procurando aumentar a produção e melhorar a qualidade dos cereais. O melhoramento por mutação, a poliploidia, o aproveitamento do vigor híbrido, a cultura de embriões, o desenvolvimento de delineamentos experimentais e análises, constituem os processos que têm sido mais efetivos nos programas de melhoramento de plantas. Além disso, ao examinar as filosofias destes programas, pode-se observar que os mesmos são de dois tipos. Num deles, a finalidade é melhorar algum conhecido defeito do cereal, e encerra, pois, processos que visam a "eliminação do defeito". No outro, o procedimento básico é seleção para produção (DONALD, 1968).

Na "eliminação de defeitos", por exemplo, procura-se, em certos casos, introduzir resistência a uma doença em genótipos susceptíveis. Pode-se visar também uma correção de imperfeições físicas como a presença de palhas frágeis em cereais, ou a correção de defeitos de qualidade, etc. Estes programas têm contribuído substancialmente para o aumento da produção e da qualidade.

Nos programas de melhoramento baseados em "seleção para produção", não há incorporação de características fisiológicas ou morfológicas, visando apenas o melhoramento da produção sem considerar os fatores que conduzem a esta melhora. De maneira geral, tais programas envolvem a hibridação entre pais promissores, a produção de populações segregantes, e a subsequente seleção do material com maior produção. Este tipo de melhoramento tem sido altamente rendoso e o seu sucesso tem dependido especialmente da exploração de um material amplo, da escolha dos cruzamentos a serem feitos, e da habilidade da avaliação dos genótipos.

As bases dos programas de melhoramento de cereais podem ser extendidas para uma terceira filosofia, a qual pode ser denominada "melhoramento visando a obtenção de plantas modelo ou ideótipos" (DONALD, 1968). Nesses programas, as plantas são consideradas do ponto de vista de um modelo ideal, dando-se ênfase a caracteres relacionados com a fotossíntese, crescimento e produção de grãos.

Em cereais, têm sido feitas algumas tentativas de obter plantas ideais. Assim, pode-se citar, entre outros, os trabalhos de VOGEL et al. (1963) e DONALD (1968) em trigo, FOWLER e RASMUSSEN (1969) em cevada, JENNINGS (1964) e BEACHELL (1966) em arroz, BROWN (1965) ANDERSON (1967) e PENDLETON (1968) em milho, MEHRA e DIXIT (1969) em sôrgo, e SINGH e STOSKOPF (1971) em trigo, aveia, cevada e centeio.

Os melhoristas de milho, mais recentemente, têm se interessado na incorporação de caracteres individuais visando obter um tipo de planta mais próxima do modelo e portanto mais eficiente na conversão dos recursos naturais, tanto por unidade de matéria seca como de área foliar produzida.

Conforme será visto a seguir, vários autores se preocuparam em estudar estes caracteres em milho.

Inicialmente, pode-se mencionar o caráter número de fôlhas por planta, que é importante porque determina as proporções relativas entre as partes vegetativas e frutíferas da planta. Além disso, este caráter tem relação com a produção de grãos, com a densidade ótima de plantas por unidade de área cultivada para máxima produção, e também com capacidade competitiva da planta em relação a outras plantas da mesma população, outras variedades ou outras espécies (GARNER e ALLARD, 1920).

Sob este aspecto, CHASE e NANDA (1967) estudando 21 híbridos duplos de milho (18 dentados e 3 semi-dentados), em três épocas de plantio, mostraram a importância relativa do genótipo, da temperatura e do comprimento do dia, na determinação do número de fôlhas e do comprimento do ciclo das plantas (da germinação até a antese). O número total de fôlhas por híbrido variou de 16,2 a 25,5, de 11,9 a 18,3 e de 12,7 a 19,5, para as três épocas de plantio, respectivamente. Estes resultados revelaram correlações positivas, altamente significativas, entre o número total de fôlhas por híbrido e o número de dias para o florescimento. Os autores concluíram basicamente, que o fotoperiodismo tem um marcado efeito sobre o número de fôlhas formadas, e que a temperatura afeta o crescimento. Além disso encontraram uma forte interação entre o comprimento do dia e a temperatura.

Tendo em vista a correlação observada entre o número de fôlhas e a maturidade (isto é, que a um número menor de fôlhas se associa uma maior precocidade), NEAL (1968) discute a possibilidade de se utilizar o número de fôlhas da planta, como uma medida ou índice para a classificação dos híbridos de milho, conforme o comprimento do seu ciclo vegetativo.

Continuando com este tipo de estudos, HESKETH et al. (1969) observaram, em 18 híbridos simples e 2 raças de milho, que a temperatura, o fotoperiodismo e o genótipo, têm forte efeito sobre a modificação do número de fôlhas da planta. Os resultados mostraram também que o número de fôlhas

era correlacionado com o número de dias para o florescimento, com a área foliar, o peso seco e a altura da planta. Os autores mencionam que os efeitos ambientais sobre o comprimento dos internódios, podem ser os responsáveis, em parte, pela associação entre o número de folhas e a altura ou peso das plantas no florescimento. Além disso, sugerem a possibilidade de desenvolver modelos ideais de crescimento, os quais poderiam servir para escolher uma variedade própria para um ambiente particular e uma densidade populacional específica. Ressaltam a necessidade de considerar, também a relação entre o número de folhas e o tamanho da espiga, os efeitos da interação genótipo-ambiente sobre a permanência das folhas após o florescimento, e as variações do comprimento da estação para um determinado local.

Conforme será visto a seguir, o ângulo foliar é outro caráter que afeta a eficiência das plantas na produção de grãos. PEARCE et al. (1967), por exemplo, mostraram que as folhas eretas melhoram grandemente a fotossíntese das plântulas de cevada. Também RUTGER e CROWDER (1967) informaram que uma variedade de milho com folhas eretas, foi levemente superior ao tipo normal na produção de silagem numa alta densidade populacional.

MOSS e PEASLEE (1965) mostraram que, com a mesma intensidade de luz, as folhas inferiores e mais velhas das plantas de milho, com adequada nutrição, podem assimilar CO_2 quase com a mesma intensidade que as folhas superiores. MOSS (1964), por sua vez, mostrou que a fotossíntese da folha de milho independe do lado pelo qual a luz penetra.

Assim, tendo-se que a área foliar exposta à luz é muito maior no caso de folhas eretas, este tipo de plantas permitirá uma maior penetração de luz na folhagem (PENDLETON, 1968).

A fim de investigar este aspecto, PENDLETON et al. (1968) compararam o comportamento de híbridos isogênicos que diferiam no ângulo foliar. Alguns apresentavam folhas normais (posição horizontal) e outros

fôlhas eretas. Também fizeram comparações entre plantas com fôlhas normais, plantas com tôdas as fôlhas eretas e plantas com fôlhas eretas apenas acima da espiga (conseguidas por manipulação mecânica). Os híbridos portadores do gene "liguleless" (lg 2), para fôlhas eretas, tiveram 40% a mais de produção de grãos que os com fôlhas normais, e as plantas com fôlhas eretas por manipulação mecânica foram também superiores às plantas normais na produção de grãos. Além do mais, mostraram que a eficiência relativa das plantas na fixação de CO_2 por unidade de luz solar recebida, crescia notôriamente quando o ângulo foliar diminuía. Com êstes resultados obtidos, os autores sugerem a inclusão do caráter posição das fôlhas, nos programas do melhoramento de milho, que visem obter plantas mais eficientes.

LOOMIS et al. (1968) desenvolveram uma técnica para mensurar a distribuição da folhagem, a absorção da luz e suas implicações sôbre a produção em populações de milho. Aproveitando estas informações WILLIAMS et al. (1968), observaram o efeito da estrutura da folhagem e da competição pela luz sôbre a produção de grãos, a diferentes densidades populacionais. Um arrançamento foliar com uma preponderância de fôlhas eretas, ocorrendo antes da emergência da inflorescência masculina, permite uma maior penetração de luz na folhagem, dando um crescimento mais rápido. Baseando-se nêstes resultados, êstes autores também fazem notar a importância do ângulo foliar na eficiência das plantas de milho.

São interessantes as observações de PENDLETON (1968) nêste sentido. Uma variedade de milho com fôlhas totalmente eretas numa baixa ou média densidade populacional, permitirá uma perda maior de energia solar, já que a absorção da luz pela superfície do solo seria maior que pela superfície da fôlha. Assim poder-se-ia esperar que a atividade fotossintética das plantas com fôlhas eretas, fôsse relativamente favorecida em altas densidades populacionais e altos índices de área foliar (relação área foliar e área do solo).

A introdução de fôlhas eretas nas plantas de milho por meio do gene "liguleless" ou qualquer outro, de fato, trará uma mudança nas práticas atuais de plantio. A mudança deverá ser no sentido de um menor espaçamento tanto entre como dentro das fileiras. Com tais espaçamentos deverá obter-se uma maior produção de grãos por unidade de área qualquer que seja o cereal.

Outro caráter da planta de milho, diretamente associado com o estudado anteriormente é a área foliar. Considerações gerais sôbre este caráter são feitas por LOOMIS e WILLIAMS (1963). A atividade fotossintética da superfície de um cereal, é afetada pela natureza da folhagem e pela forma com que a luz é interceptada. Esta superfície é uma entidade extremamente complexa devido às variações que ocorrem na forma e tamanho da fôlha, na curvatura, ângulo foliar, devido às respostas plásticas ao vento, à luz e a outros fatores. Esta complexidade é ainda aumentada pelas diferenças internas em caracteres tais como conteúdo clorofílico e orientação dos cloroplastos.

LOOMIS e WILLIAMS (1963) também mostraram que à medida que aumenta o número e o tamanho das fôlhas durante o desenvolvimento do cereal (isto é, aumenta o índice foliar), aumenta também a absorção da luz e a produção relativa de matéria seca.

Os índices críticos e ótimos de área foliar são definidos de diferentes maneiras, mas, apesar disso, parece que todos encerram a área foliar mínima necessária para possibilitar o crescimento máximo do cereal. Este índice ótimo de área foliar varia com as espécies e também com as condições ambientais.

No tocante à estimação de valores ótimos de índices de área foliar, podem ser mencionados os artigos de SHIBLES e WEBER (1965) e BUTTERY (1970) em soja, e WILLIAMS et al. (1965a,b) e WILLIAMS et al. (1968) em milho.

Ainda no campo da área foliar, EARLEY (1965) estudando a eficiência de plantas de milho na produção de grãos por unidade de área foliar, observou uma variação de 2,8 a 1,3 gramas/dm² de área foliar, para uma alta a uma baixa adubação respectivamente, e de 4,8 a 1,1 para uma baixa a uma alta densidade populacional, respectivamente. Os resultados obtidos por este autor, mostram a importância de se aplicar uma adubação suficiente em um "stand" determinado de milho, para se conseguir não só um máximo de área foliar como também para se obter um máximo de eficiência na produção de grãos por unidade de área foliar. Além disso, mostram que a diminuição do número de grãos por planta, com o aumento da densidade populacional, foi devida à redução tanto da área foliar por planta, como ao índice gramas/dm² de área foliar.

Também EIK e HANWAY (1966) se preocuparam em estudar a área foliar em relação à produção de grãos, em plantas de milho. Estes autores verificaram que a produção de grãos tende a ser linearmente relacionada com os índices de área foliar, na época do florescimento.

De especial interesse é o trabalho de FRANCIS et al. (1969). Estes autores desenvolveram uma nova metodologia para a determinação da área foliar em plantas de milho, a qual permite avaliar grandes quantidades de genótipos, e, portanto, facilita os estudos genéticos teóricos e aplicados, sobre a eficiência das plantas na produção de grãos por unidade de área foliar.

A matéria seca, é outro caráter que deve ser mencionado, pois tem sido estudado pelos melhoristas que procuram obter tipos de plantas mais eficientes na produção de grãos.

HANWAY (1962), estudando a acumulação progressiva de matéria seca em plantas de milho, verificou que as variações na fertilidade do solo, produziram diferentes níveis de acumulação. Notou, no entanto, que as

mesmas não influenciaram notoriamente nas proporções relativas das diferentes partes da planta. Além do mais, verificou que o peso ^{sêco} do colmo permaneceu relativamente constante depois de atingido o seu ponto máximo, o qual ocorre alguns dias após o "embonecamento".

HOYT e BRADFIELD (1962), em contraposição, encontraram uma redução significativa no peso ^{sêco} do colmo, em diversas variedades de milho, no final do amadurecimento dos grãos.

Vários autores detectaram uma diminuição do conteúdo de açúcar do colmo, no final do período vegetativo; êste no entanto, varia com o tipo de genótipo empregado (CAMPBELL, 1964).

WILLIAMS et al. (1965a,b) por outro lado, em estudos sobre o crescimento vegetativo do milho, observaram que, em condições de alta densidade populacional, as proporções altas de matéria ^{sêca}, acontecem antes do florescimento.

Usando um outro híbrido de milho, bem como diferentes técnicas culturais em vários anos, JOHNSTON et al. (1966) observaram que em um dos anos ocorreu uma diminuição proporcional do peso ^{sêco} do colmo, nos fins do período vegetativo. Tal fato não ocorreu, contudo, em outros anos. Êstes autores também verificaram que o conteúdo de açúcar do colmo e das folhas aumentou após o "embonecamento", para depois diminuir nos últimos estados do amadurecimento.

WILLIAMS et al. (1968) verificaram que o peso ^{sêco} dos grãos, por planta, diminuía com o aumento da densidade populacional. Êstes dados concordam com o que foi demonstrado anteriormente por DUNCAN (1958), ou seja, que o logaritmo da produção de grãos por planta e densidade populacional são relacionados linearmente.

Estudando a contribuição dos carboidratos solúveis na produção de grãos, DAYNARD et al. (1969) mostraram que em várias populações de

milho ocorria uma redução significativa no peso seco do colmo, durante a última metade do período de amadurecimento dos grãos. Estes autores concluíram que esta diminuição foi devida ao transporte dos carboidratos solúveis à espiga, que antes estavam acumulados temporariamente no colmo. Além disso sugerem que em qualquer programa de melhoramento, que vise obter uma maximização da produção de grãos, deve-se levar em conta a remobilização dos carboidratos solúveis do colmo. A possibilidade prática de aproveitar estas reservas, dependeram no entanto, de investigações adicionais.

Como foi visto até aqui, vários autores têm estudado a acumulação progressiva de matéria seca em plantas de milho; no entanto, nenhum se preocupou em acompanhar a acumulação nos sucessivos estágios vegetativos da planta, e nem se preocupou, em compará-la nos diferentes híbridos de milho.

A fim de investigar este aspecto, HANWAY e RUSSELL (1969), estudaram 11 híbridos de milho. Os resultados obtidos mostraram que a proporção de matéria seca foi semelhante para todos os híbridos nos diversos anos e densidades populacionais estudados. Além disso, a proporção entre o peso dos grãos e o do resto da planta variou entre os híbridos. Concluíram que a matéria seca acumulada em muitas partes vegetativas das plantas, após o "embonecamento", foi posteriormente translocada para os grãos.

Recentemente SINGH e STOSKOPF (1971) fizeram interessantes observações sobre matéria seca e produção de grãos por planta. Tem sido notado que as plantas de cereais desenvolvem uma estrutura de folhas e colmo muito grande, em relação à produção de grãos, e que há um desequilíbrio entre o tempo do crescimento vegetativo e o de amadurecimento dos grãos. Sendo 90% do peso seco da planta um produto da fotossíntese e visto que uma planta está limitada pelo tempo no processo de assimilação, uma melhor distribuição da matéria assimilada dentro dos grãos e uma distribuição menor dentro da folha, deverá produzir uma planta muito mais eficiente. Logo, segundo estes autores, o "índice de colheita", ou seja, o rendimento econômico

(grãos) em porcentagem do rendimento biológico (matéria seca total), forma uma medida útil a este respeito.

É dessa maneira que estes últimos autores, estudaram os "índices de colheita" para trigo e outros cereais de grãos pequenos. Os resultados obtidos mostraram presença de apreciável variabilidade nos índices e correlação positiva com a produção de grãos, sugerindo a possibilidade de melhorar genéticamente os cultivares, para os "índices de colheita" e com conseguinte aumento na produção de grãos. Eles concluem que um considerável melhoramento em cereais, pode ser feito se for feita uma seleção para altos índices de colheita". Tal melhoramento poderá conduzir a tipos ideais de plantas ou a plantas mais eficientes.

A utilização de fatores genéticos de herança simples, visando produzir mudanças na planta de milho, também tem sido estudada. Tais fatores podem ser de grande significância prática. Especificamente, trata-se de uma introdução de genes recessivos para redução da altura das plantas, em linhagens agronomicamente desejáveis.

Estes fatores genéticos para nanismo podem, segundo LENG(1957), ser divididos arbitrariamente em três tipos, com base no efeito que exercem sobre o tamanho geral e aparência da planta:

a. Anões verdadeiros ("True dwarfs"). As plantas homocigóticas para um desses genes recessivos, são baixas e compactas, geralmente com folhas grossas e eretas, e comumente com sexo reversível na espiga e/ou flecha. Nenhum desses genes, aparentemente, apresenta qualquer possibilidade de utilização prática.

b. Tipos de plantas reduzidas ("Reduced plant types"). Nesta categoria podem ser incluídos os genes recessivos tais como brevis-2, compact, e tipos de mutantes similares. Estes genes produzem plantas de tamanho reduzido, que, no entanto, são de proporções normais. O diâmetro do

cólmo e o tamanho da espiga e dos grãos são, geralmente, bem menores que nos tipos normais. A característica mais interessante neste tipo, é a tendência de resistirem aos efeitos negativos de uma alta densidade populacional.

c. Tipos de plantas braquíticas ("Brachytic plant types"). Distinguem-se por um notório encurtamento dos internódios do cólmo, especialmente abaixo da espiga, sem que ocorra uma redução nas outras partes da planta. Os dois genes principais deste tipo são o braquítico-1 e o braquítico-2.

O uso de um desses genes, o braquítico-2, tem sido sugerido por vários autores, para a produção de híbridos anões; no entanto, os resultados não têm sido satisfatórios. STEIN (1955) comparando uma linhagem isogênica portadora do gene br-2 com a normal, verificou que a proporção de fôlhas iniciais e finais, foi igual para ambas as linhagens.

LENG (1957) mostrou que os híbridos anões têm um rendimento menor que os híbridos normais. Também PENDLETON e SEIF (1961) concluíram que o rendimento dos híbridos anões se mantém quando aumenta a densidade populacional além da recomendada para os híbridos normais, no "Corn Belt".

Por outro lado, ANDERSON e CHOW (1963) estudando várias características agrônômicas associadas com a transferência do gene br-2 a linhagens normais, notaram que a altura da espiga do híbrido br-2, foi positivamente correlacionada com a do tipo normal. Com relação aos componentes da produção, no entanto, o comprimento da espiga, foi igual em ambos os casos, como também a produção de grãos. O tipo anão mostrou uma diminuição no número de fileiras de grãos por espiga; houve, no entanto, um aumento no número de grãos por fileiras. Estas diferenças não foram significativas.

Os resultados obtidos por PENDLETON e SEIF (1962) e CAMPBELL (1965) mostraram que as deficiências de produção dos híbridos anões extremos,

não podem ser superados por um aumento da densidade populacional. Neste sentido CAMPBELL (1965) propõe o uso de anões modificados, que tenham uma produção superior aos tipos anões extremos. É interessante notar, que também neste caso, o aumento da densidade populacional, não provocou uma maior produção.

SCOTT e CAMPBELL (1969) estudaram o comprimento dos internódios, em linhagens e híbridos simples de milho, normais e braquítico-2. Os resultados, obtidos mostraram que o comprimento e o número dos internódios foi menor em linhagem br-2, do que nos tipos normais. Nos híbridos simples normal x anão, o comprimento dos internódios, foi 10% menor que nos híbridos normal x normal, tanto abaixo como acima da espiga. Nos híbridos anão x anão, o comprimento dos internódios, foi 55 e 71% menor que nos híbridos normal x normal, tanto abaixo como acima da espiga, respectivamente.

Recentemente, GLOVER (1970) descreveu uma nova planta mutante de altura reduzida que é devida a um simples gene recessivo, rd₂, não alélico em relação aos vários outros locos, anteriormente descritos, que causam nanismo e semi-nanismo. Nas plantas homozigóticas para rd₂, o número de internódios é o mesmo, no entanto, o seu comprimento é menor que o normal. A altura da planta é 3/4 da planta normal. Esta redução, como se pode observar, é muito menos drástica que em vários tipos anões e semi-anões, como por exemplo os tipos d, na, br e bv. As folhas exibem uma moderada redução em tamanho. As inflorescências, tanto as masculinas como as femininas, são semelhantes às normais, exceto por algumas reduções gerais no tamanho.

Da literatura até aqui revista, pode-se verificar, de maneira geral, que a arquitetura das plantas atuais de milho está muito aquém da ideal, apesar de algumas tentativas feitas para obter plantas mais eficientes na produção de grãos.

Pode-se verificar, ainda, que a preocupação maior dos autores destes artigos, foi mais dirigida a aspectos de natureza fisiológica e de natureza genética com ênfase em genes maiores. Além disso, não se notou uma preocupação de estudo dos aspectos genéticos da arquitetura das plantas, do ponto de vista da herança poligênica.

O próximo avanço nas técnicas de melhoramento do milho visando ideotipos, poderá causar, provavelmente, uma revolução na produção de grãos, através da alteração da forma e tamanho das plantas atuais.

3. MATERIAL

Para o presente trabalho foram escolhidas cinco variedades não comerciais de milho, com caracteres bem contrastantes, do banco de germoplasma do Instituto de Genética, a saber: Piracar I, WP 17, WP 24, WP 25 e WP 33. Também foram incluídos os dez respectivos híbridos destas variedades, obtidos em 1968/69 pelo Instituto de Genética. Alguns destes híbridos mostraram ser heteróticos para produção de grãos, enquanto outros não, conforme verificado em ensaios anteriores.

A escolha destas cinco variedades, foi feita justamente para se poder contar com diferentes respostas heteróticas para a produção de grãos, o que possibilita um melhor correlacionamento entre estas heteroses e a eficiência.

Utilizaram-se cruzamentos dialélicos a fim de permitir a realização de uma análise genética mais detalhada do comportamento das variedades e dos híbridos intervarietais, com relação aos diversos aspectos estudados.

Para termo de comparação foram incluídos, cinco cultivares comerciais: Dente Paulista, Dente Paulista SM V, Centralmex, HV-2 e H 6999 B. Assim, foram investigados vinte diferentes tipos de milho.

A seguir, é apresentada uma descrição resumida das populações empregadas:

Piracar I: Flint laranja, espigas curtas e algo cônicas. Corresponde ao 1º ciclo de seleção recorrente recíproca de Piracar em relação ao milho Piramex. Obtido pela combinação de 16 linhagens S_1 (PATERNIANI, 1968).

- WP 17 : Antigua Grupo 2. Semi "flint" amarelo do Caribe. Plantas baixas, precoces e prolíficas. Têm alta capacidade de combinação com Tuxpeño. (PATERNIANI, 1968).
- WP 24 : PD(MS) 6. Flint amarelo de Cuba, obtido por seleção massal. (PATERNIANI, 1968).
- WP 25 : La Posta. Dentado branco, Tuxpeño branco, sintético de alta produtividade. (PATERNIANI, 1968).
- WP 33 : Amarillo salvadoreño. Semi dentado, amarelo, obtido na República de El Salvador (CARMO, 1969).
- Dente Paulista: Raça sintética, formada pelo cruzamento natural do Cateto com milhos dentados amarelos introduzidos dos Estados Unidos há cerca de cem anos. Possui grande variabilidade genética quanto à produtividade e características da planta. (BRIEGER et al. 1958).
- Dente Paulista SM V: Corresponde ao 5º ciclo de seleção massal de Dente Paulista.
- Centralmex : Geração avançada do cruzamento América Central x Piramex com posterior seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos (PATERNIANI, 1968).
- HV-2 : Variedade sintética obtida pelo cruzamento de Centralmex x Eto amarelo da Colombia. (PATERNIANI, 1971)^{1/}
- H 6999 B : Híbrido duplo comercial com sementes de aparência semi-dentada e coloração amarela, obtido no Instituto Agronômico de Campinas (RUSCHEL, 1968).

^{1/} PATERNIANI, E. 1971 - Informação pessoal.

4. METODOS

4.1. Técnica Experimental

Os vinte tratamentos que constituem o presente trabalho foram semeados no ano agrícola 1970/71, na Fazenda Taquaral, Piracicaba, S.P. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com dez repetições, perfazendo um total de 200 parcelas.

Cada parcela consistiu de duas fileiras de 5 m. de comprimento com 1 m entre fileiras, contendo, cada uma, 19 covas espaçadas de 30 cm. Foram semeadas três sementes por cova, desbastando-se mais tarde para apenas uma planta por cova; isto resultou em uma densidade populacional de 33.333 plantas por ha.

Os caracteres submetidos a estudo foram os seguintes: número de dias para o florescimento (DF), altura da planta (AP), e da espiga (AE), número total de fôlhas por planta (NTF), porcentagem de fôlhas acima da espiga por planta (FAE), área foliar por planta (AF), matéria seca total por planta (exceto grãos e raízes) (MS) e produção de grãos por planta (P).

Todos os caracteres, exceto o número de dias para o florescimento e produção de grãos, foram anotados em cinco plantas individuais por parcela, cuidando-se de utilizar somente plantas competitivas, ou seja sem falhas adjacentes. A produção de grãos foi tomada nas dez repetições, e os demais caracteres em apenas cinco repetições, sorteadas previamente.

A determinação do número de dias para o florescimento foi feita em dias alternados durante todo o período de floração. Para cada parcela,

considerou-se como data de florescimento o início do aparecimento dos estiletos estigmatosos em 75% das plantas.

A altura da planta e da espiga, em metros, foi medida do nível do solo até a inserção da última fôlha e do solo até a inserção da primeira espiga (espiga superior) respectivamente.

O número total de fôlhas e a porcentagem de fôlhas acima da espiga, por planta, foram anotados após o florescimento.

Para a determinação da área foliar por planta, em cm^2 , empregou-se o método proposto por FRANCIS et al. (1969). O procedimento adotado foi o seguinte, conforme recomenda este autor:

Obteve-se, em primeiro lugar, a área foliar de cinco plantas competitivas, em uma das repetições, para cada tratamento, de acordo com a fórmula ($0,75 \times$ comprimento \times largura da fôlha), medindo-se todas as fôlhas da planta. Além disso, determinou-se a fôlha mais comprida de cada planta e a fôlha média mais comprida por tratamento.

Nas outras quatro repetições as medições foram feitas só na fôlha mais comprida.

Por último, a área foliar por planta, das outras repetições, de um dado tratamento, foi obtida pela multiplicação do valor ($0,75 \times$ comprimento \times largura) da fôlha média mais comprida pelo fator de área foliar determinado na primeira repetição. Este fator é dado pelo quociente (área foliar total da planta)/(área foliar da fôlha mais comprida).

Estas medições, de área foliar foram todas feitas a partir do 10º dia após o florescimento das plantas.

Para a determinação da matéria seca da planta, incluindo fôlhas, palha da espiga e côlmo, foram cortadas, ao nível do solo, cinco plantas competitivas por tratamento, em cinco repetições, na maturidade

fisiológica; as pesagens foram feitas no próprio campo. Em seguida, este material foi fragmentado em uma máquina picadora e em um moinho pequeno para forragens, para a extração de amostras representativas, as quais foram secadas primeiramente em uma estufa de circulação de ar forçado a 60°C por 72 horas e posteriormente em uma estufa a 100°C por 4 horas, obtendo-se o peso seco.

Além disso, como interessava conhecer a matéria seca total da planta, se adicionou à anterior o peso seco do sabugo das mesmas cinco plantas por tratamento. A porcentagem de umidade do sabugo foi considerada como sendo a mesma da dos grãos.

Finalmente, para a determinação da produção de grãos por planta, na época da colheita, as espigas despalhadas de cada parcela das dez repetições, foram pesadas no campo; de cinco repetições debulhadas obteve-se o peso total dos grãos e a porcentagem do peso dos grãos em relação ao peso total das espigas, por tratamento. Este último valor foi empregado para a determinação correspondente nas outras cinco repetições.

Os valores obtidos foram corrigidos para umidade constante de 15,5% e para "stand". O teor de umidade de cada amostra foi determinado com o emprêgo de um aparelho "Steinlite". O ajuste para "stand" foi feito para 38 plantas por parcela, utilizando-se a fórmula de ZUBER (1942), que é de uso geral com ensaios de milho. Estes valores corrigidos por planta, serão usados no decorrer do presente trabalho.

4.2. Obtenção dos índices individuais

Com os dados obtidos de cinco repetições, para os oito caracteres em estudo, foram calculados os seguintes índices ou quocientes: (produção de grãos/matéria seca), (produção de grãos/área foliar), (produção de grãos/altura da planta), (produção de grãos/altura da espiga), (produção de

grãos/nº total de fôlhas), (produção de grãos/porcentagem de fôlhas acima da espiga) e (produção de grãos/nº de dias para o florescimento). Tais índices foram obtidos porque se julgou interessante estudar os tratamentos em relação a cada índice individualmente. Julgou-se importante, além disso conhecer por exemplo a produção de grãos por unidade de matéria sêca, de área foliar, etc.

4.3. Índice geral e estimação dos valores relativos como medida de eficiência das populações

Com a finalidade de estudar e comparar as populações do ponto de vista da eficiência na produção de grãos, determinou-se, primeiramente, um índice geral com os caracteres matéria sêca, área foliar, altura da planta, altura da espiga, nº total de fôlhas, porcentagem de fôlhas acima da espiga e nº de dias para o florescimento, com base em sugestões pessoais do Dr. Roland Vencovsky (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"). Este pode ser expresso como segue:

$$I_j = \frac{\sum_i p_i z_{ij}}{\sum_i p_i}$$

onde:

I_j = índice geral da população j ($j = 1, 2, \dots, 20$)

p_i = peso do caráter i ($i = 1, 2, \dots, 7$)

z_{ij} = média estandardizada do caráter i na população j , ou seja:

$$z_{ij} = \frac{Y_{ij} - \bar{Y}_i}{s_i}$$

sendo Y_{ij} a média observada do caráter i na população j ; \bar{Y}_i a média observada do caráter i em tôdas as (20) populações; e s_i o desvio padrão calculado com as médias das (20) populações, para o caráter i .

Este índice geral reúne a vantagem de não depender do número de caracteres a estudar, de incluir num só valor as informações contidas em todos os caracteres e de não depender da unidade dos caracteres.

A estandardização dos valores médios dos caracteres, z_{ij} , foi feita com base em SNEDECOR (1956).

Os pesos para os diferentes caracteres da planta, p_i , foram dados com base na importância do ponto de vista fisiológico e agrônomico que desempenha cada caráter, segundo a literatura consultada, como também tomando em consideração as condições ambientais locais. Assim sendo, foram dados os seguintes pesos aos diversos caracteres:

caráter	peso (p_i)
matéria seca	7
área foliar e nº total de fôlhas	5
altura da planta, altura da espiga e porcentagem de fôlhas acima da espiga	3
nº de dias para o florescimento	1

Deve-se, entretanto, salientar que estes pesos não podem ser considerados definitivos, já que existe muita diversidade de opiniões a respeito, como ficou demonstrado pelas informações pessoais obtidas de vários geneticistas e melhoristas que trabalham com milho (PATERNIANI, 1971; ZINSLY, 1971; MIRANDA, 1971; SILVA, 1971; HEIDRICH, 1971; GUTIERREZ, 1971; EBERHART, 1971; LONNQUIST, 1971 e ROSSI, 1971)^{2/}.

A seguir foram estimados os valores E_j , considerados neste trabalho como medida de eficiência na produção de grãos para as vinte populações, baseados nas sugestões pessoais do Dr. Roland Vencovsky (Escola

^{2/} PATERNIANI, E; ZINSLY, J.R.; MIRANDA, L.T.; SILVA, J.; HEIDRICH, S.; GUTIERREZ, M.; EBERHART, S.A.; LONNQUIST, J.H.; e ROSSI, J.C.: informações pessoais.

Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"). Desta maneira, considerou-se:

$$E_j = W_j - I_j$$

onde:

E_j = medida de eficiência na produção de grãos da população j .

W_j = média estandardizada da produção de grãos da população j .

I_j = índice geral da população j , já discutido anteriormente.

A medida de eficiência E_j , empregada neste trabalho, conforme descrito, merece algumas considerações. Esta medida reflete a eficiência de uma planta pois é diretamente proporcional à produção de grãos. Assim quanto maior a produção de um tratamento maior será o seu valor E_j . A quantidade de I_j , por sua vez, encerra a informação global dos demais caracteres, os quais reduzem a eficiência da planta se fôsem muito altos. Por isso, I_j é subtraído de E_j . Um tratamento muito eficiente, terá W_j positivo e alto e um valor I_j fortemente negativo (pouca matéria seca, precoce, plantas baixas, pouca área foliar, etc.). Isto fará o respectivo valor E_j tomar um valor positivo e alto. Uma baixa eficiência será refletida por um valor fortemente negativo de E_j (baixa produção, (W_j negativo) e os demais caracteres com valores acima da média (I_j , positivo) ou seja, muita matéria seca, etc.). Com distribuição normal das médias das populações, em todos os caracteres, espera-se que o máximo valor de W_j seja + 3,3 e o mínimo - 3,3 (com 99,9% de probabilidade); o mesmo valendo para I_j . Desta forma, espera-se que a eficiência E_j , tal como medida neste trabalho, oscile entre + 6,6 e - 6,6 (com o nível de probabilidade mencionado).

4.4. Análises estatísticas e genéticas

Inicialmente, os dados obtidos para os caracteres e os índices individuais, foram analisados segundo o esquema usual de análise da variância

para blocos ao acaso. Antes da análise da variância dos índices individuais, verificou-se a normalidade da distribuição dos respectivos erros experimentais.

As médias dos tratamentos, foram comparadas pelo teste de Tukey (PIMENTEL GOMES, 1970) a fim de estabelecer as diferenças mínimas significativas.

Tôdas as análises foram conduzidas com dados médios por planta.

Posteriormente, utilizando-se as médias dos tratamentos para os caracteres, os índices individuais e as eficiências, das 15 populações em dialélico, procedeu-se à análise da variância, de acôrdo com o modelo genético proposto por GARDNER e EBERHART (1966) e processamento estatístico de VENCOVSKY (1970). Com esta análise foram avaliados alguns aspectos da base genética dos caracteres, índices individuais e da eficiência das populações nos cruzamentos intervarietais feitos. Também analisou-se a capacidade geral de combinação (c.g.c) pelo método 4, modelo I(fixo) de GRIFFING (1956).

O resíduo utilizado para conduzir a análise da variância do dialélico para as estimativas da eficiência das 15 populações, foi calculado de acôrdo com a seguinte expressão:

$$V_R(E) = V_R(W) + V_R(I) - 2 \text{COV}_R(WI)$$

onde:

$V_R(E)$ = variância residual das eficiências (E)

$V_R(W)$ = variância residual da produção de grãos standardizada (W)

$V_R(I)$ = variância residual do índice geral (I)

$\text{COV}_R(WI)$ = covariância residual entre a produção de grão standardizada (W) e o índice geral (I).

A fim de se ter informações adicionais, foram obtidos valores da heterose expressos em relação à média dos pais, bem como em relação ao pai de maior média, dos dez híbridos para os oito caracteres e os sete índices individuais, em estudo.

4.5. Estimação de médias de produção de grãos e eficiência, em compostos intervarietais

Como a estimacão da média de um caráter quantitativo num composto de variedades é um aspecto importante relacionado com os cruzamentos dialélicos, foram estimados a produção de grãos (estandardizada) e a eficiência para todos os possíveis compostos a partir das 5 variedades, entrando cada uma delas com a mesma proporção na formação do composto, conforme VENCovsky (1970), com o emprego da seguinte expressão:

$$\overline{CO} = \sum_i^n w_i^2 V_i + 2 \sum_{i < j}^n w_i w_j C_{ij}$$

onde:

\overline{CO} = média estimada do composto;

w_i = proporção em que a variedade i entra no composto; o mesmo valendo para j .

V_i = média da variedade i

C_{ij} = média do cruzamento das variedades ij

n = número de variedades participantes.

$$(0 \leq w_i \leq 1; \quad \sum w_i = 1)$$

Esta expressão refere-se a um composto em equilíbrio de Hardy-Weinberg, e para o presente trabalho serve para se estudar e conhecer os melhores compostos não só do ponto de vista da produção esperada de grãos como da eficiência esperada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análises dos caracteres

Os valores observados para os diferentes caracteres nas 20 populações (5 variedades, 10 gerações F_1 e 5 testemunhas) são apresentados nas Tabelas 1 a 8. Os dados referem-se à produção de grãos por planta, matéria seca por planta, área foliar por planta, altura da planta e da espiga, nº total de fôlhas por planta, porcentagem de fôlhas acima da espiga e nº de dias para o florescimento, respectivamente.

As análises da variância como blocos ao acaso, referentes aos oito caracteres, compreendendo os quadrados médios e suas respectivas significâncias, são apresentados na Tabela 9. São também apresentados os coeficientes de variação para cada caráter. Observa-se que estes valores são em geral baixos indicando, assim, precisão satisfatória. Por outro lado, a significância dos quadrados médios ao nível de 5% ou 1% de probabilidade, para todos os caracteres, dá uma indicação da variabilidade genética existente entre as populações estudadas.

Na Tabela 10 são apresentados os valores médios observados por planta, para os oito caracteres, das vinte populações e as diferenças mínimas significativas (Δ) ao nível de 5% e 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se que para a produção de grãos por planta, vários híbridos intervarietais, são bastante promissores, produzindo mesmo mais que as testemunhas Centralmex, HV 2 e H 6999 B, que são populações já melhoradas

e de alta produtividade. Estes resultados mostram concordância com os obtidos por PATERNIANI (1970) para produção em cruzamentos intervarietais de milho, onde alguns deles foram mesmo mais produtivos que o híbrido duplo H 6999 B, muito difundidos no Estado de São Paulo e estados vizinhos, por sua alta produtividade.

Os dados para os outros caracteres, indicam que, muito embora esses cruzamentos e os respectivos germoplasmas sejam promissores, apresentam entretanto plantas altas, e com grande quantidade de matéria seca e área foliar, ou em outras palavras, plantas com uma arquitetura muito longe de ser a ideal. Torna-se assim cada vez mais evidente e importante a seleção para tipos de plantas não só mais produtivas como também mais adequadas; fato destacado por vários autores (BROWN, 1965; ANDERSON, 1967; PENDLETON, 1968; DONALD, 1968).

Na Tabela 11 apresentam-se os valores de F e as respectivas significâncias obtidas nas análises da variância de médias, das 15 populações em dialélico, para os oito caracteres estudados. Esta tabela dá uma visão mais geral já que possibilita uma comparação a respeito dos principais resultados relacionados com a análise genética das populações.

Para produção de grão por planta os resultados indicam diferenças significativas para os efeitos de variedades (v_j), heterose média (\bar{h}), e heterose de variedades (h_j), e não significativos para heterose específica ($s_{jj'}$). Além do mais, a capacidade geral de combinação (g_j) foi também altamente significativa.

Os valores altamente significativos para estes parâmetros indicam, em primeiro lugar, que as variedades não constituem um grupo homogêneo. Também que há manifestação de heterose, mas esta não é a mesma nos diversos cruzamentos. A capacidade geral de combinação das variedades, além disso, contém uma componente devida à heterose e, portanto, sua detecção depende

do comportamento das variedades nos cruzamentos.

A não significância dos parâmetros de heterose específica, indica que a variação observada nas heteroses não é devida à presença desta nos cruzamentos.

Conclue-se também que a heterose manifestada foi, provavelmente, uma consequência de efeitos aditivos e dominantes, isto é, uma função das diferenças de frequências gênicas entre as variedades e da dominância. Estes resultados estão em concordância com os obtidos por HALLAUER e EBERHART (1966), em seus materiais. Por outro lado GARDNER e PATERNIANI (1967), CASTRO et al. (1968), HALLAUER e SEARS (1968), e TROYER e HALLAUER (1968), pesquisando alguns aspectos da base genética para produção de grãos, em cruzamentos intervarietais de milho, enfatizam que os efeitos aditivos e dominantes são mais importantes e em alguns casos suficientes para explicar a variação genética observada, entre médias de populações.

Tendo presente as informações obtida e visando obter plantas mais produtivas, pode-se mencionar a possibilidade de escolher algumas das variedades, para um programa de melhoramento, tanto de seleção recorrente para capacidade geral de combinação, como para seleção recorrente recíproca. Este fato também é mencionado por HALLAUER e EBERHART (1966) e HALLAUER e SEARS (1968), em seus trabalhos.

Para matéria seca por planta, os resultados indicam diferenças significativas para os efeitos de variedades (v_j), heterose média (\bar{h}) e capacidade geral de combinação (g_j), e não significativas para heterose de variedades (h_j) e para heterose específica (s_{jj}). Dêstes resultados, depreende-se que as variedades não constituem um grupo homogêneo e que a heterose existente não varia de cruzamento para cruzamento. A capacidade geral de combinação das variedades independe de efeitos de heterose. Por último, os cruzamentos não apresentaram capacidade específica de combinação.

Deve-se, entretanto salientar que a heterose manifestada indica existência de dominância gênica.

Para a área foliar por planta, observam-se diferenças altamente significativas para os parâmetros de variedades (v_j), heterose específica (s_{jj}) e capacidade geral de combinação (g_j). Estes resultados indicam, em primeiro lugar, que as variedades não constituem um grupo homogêneo. A capacidade geral de combinação, neste caso, independe do comportamento das variedades em cruzamentos; e a capacidade específica de combinação não foi nula, pelo menos em alguns dos cruzamentos.

Para altura da planta as significâncias dos parâmetros de variedades (v_j), heterose de variedades (h_j) e capacidade geral de combinação (g_j), estão indicando, que além de as variedades não constituírem um grupo homogêneo, a capacidade geral de combinação delas, contém um componente devido à heterose. A capacidade geral de combinação, portanto, depende do comportamento das variedades nos cruzamentos para este caráter.

Para os demais caracteres, altura da espiga, nº total de folhas por planta e nº de dias para o florescimento, observa-se que somente mostraram significância os parâmetros de variedades (v_j) e capacidade geral de combinação (g_j). Estes resultados evidenciam as diferenças entre as variedades. Conclue-se também que não houve manifestação de heterose e a capacidade geral de combinação de cada variedade independe de efeitos heteróticos.

Contudo, os valores não significativos de heterose para estes caracteres não permitem concluir que há ausência de dominância, por causa do possível cancelamento entre efeitos gênicos positivos e negativos (EBERHART *et al.* 1966).

Finalmente, para o caráter porcentagem do número de folhas acima da espiga, observa-se que os valores dos diferentes parâmetros não foram

significativos. Isso indica que as variedades constituem um grupo homogêneo, não existindo portanto, variabilidade genética entre as variedades para esse caráter.

Os valores relativos da heterose, expressa em relação à média dos pais e ao pai de maior média, dos dez híbridos, para os 8 caracteres em estudo, são apresentados na Tabela 12.

Observa-se que a heterose média para produção de grão por planta, em relação à média dos pais e ao pai de maior média, foi de 14% e 2%, respectivamente. Estes resultados concordam com os obtidos por, entre outros, ROBINSON et al. (1958) e LONNQUIST e GARDNER (1961), no estudo da heterose em cruzamentos intervarietais.

Pode-se, também observar os baixos valores relativos da heterose média, para os demais caracteres. Note-se, entretanto, que alguns cruzamentos mostraram efeitos heteróticos mais altos que outros, apesar de não terem acusado significância na análise genética. Estes resultados concordam com os encontrados por COMPTON et al. (1965), para o número de dias ao florescimento e para a altura da espiga, onde a heterose, em relação à média dos pais foi de 0,4% e 0,8%, respectivamente.

Em resumo é possível afirmar que os resultados obtidos para todos os caracteres estão de pleno acôrdo com os encontrados na literatura sobre cruzamentos intervarietais de milho.

Com base nestes resultados acredita-se na possibilidade de se obter compostos a partir das variedades de maior produção, com características agronômicas desejáveis e que em cruzamentos exibam suficiente heterose para produção de grãos. Dêste modo poderiam ser obtidas populações-base para seleção de caracteres agronômicos adequados, com suficiente variabilidade genética e alta produtividade inicial.

5.2. Índices individuais

As análises da variância, como blocos ao acaso, referentes aos índices individuais, P/MS, P/AF, P/AP, P/AE, P/NTF, P/FAE e P/DF, compreendendo os quadrados médios e suas respectivas significâncias são apresentados na Tabela 13, como também os coeficientes de variação para cada índice.

Observa-se que os valores para os coeficientes de variação foram relativamente altos, de 14,7% a 20,1%, porém ainda dentro dos limites geralmente aceitáveis para a experimentação agrícola. Por outro lado, a alta significância dos quadrados médios para tratamentos, ao nível de 1% de probabilidade, dá uma indicação da variabilidade existente entre as populações estudadas, com relação aos índices.

Na Tabela 14, são apresentados os valores médios dos índices por planta das vinte populações e as diferenças mínimas significativas (Δ) ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao comparar, de maneira geral, as populações para os diferentes índices, percebe-se que algumas das populações híbridas foram muito mais eficientes na produção de grãos, que as testemunhas, seja por unidade de matéria seca, de área foliar, de altura da planta, etc.. Deve-se ressaltar que estas testemunhas são populações melhoradas durante muito tempo. Por outra parte, é possível afirmar que a seleção nestes cultivares comerciais, foi feita principalmente visando obter uma maior produtividade, recebendo uma atenção secundária o tipo de planta.

Estes resultados suportam em grande parte a idéia de que nem sempre as plantas mais eficientes, na conversão de recursos naturais por unidade de matéria seca, área foliar, etc., são as mais produtivas, ou vice-versa.

Por exemplo, tomando-se o híbrido (WP 17 x WP 33) que teve os valores relativamente mais altos que as testemunhas para todos os índices, e verificando sua produção de grãos por planta (Tabela 10), observa-se que é bem inferior às testemunhas. Agora tomando-se outro híbrido, (WP 24 x WP 25) com valores relativamente mais baixos que as testemunhas para todos os índices e considerando sua produção de grãos por planta (Tabela 10), vê-se que é tão produtivo ou mais que as testemunhas.

No entanto, o que se tem procurado recentemente no melhoramento, é obter a máxima produtividade com um tipo de planta ideal ou ideotipo (DONALD, 1968).

Como os resultados mostraram apreciável variabilidade nos índices, sugere-se a possibilidade de melhorá-los geneticamente e, paralelamente, aumentar a produção de grãos. Além disso um considerável melhoramento pode ser feito, selecionando-se para altos índices, obtendo-se, deste modo, plantas mais eficientes na produção de grãos por unidade de área foliar ou de matéria seca (EARLEY, 1965 e SINGH e STOSKOPF, 1971).

Na Tabela 15, são apresentados os valores de F e as respectivas significâncias, das análises da variância das 15 populações em dialélico, para os sete índices estudados, a fim de se ter uma visão a respeito dos principais resultados relacionados com a análise genética das populações.

Para os índices individuais de P/MS e P/FAE, por planta, observa-se que houve diferenças significativas somente para efeito de variedades (v_j) e capacidade geral de combinação (g_j), não sendo significativos para os demais parâmetros. Estes resultados indicam que existem diferenças genéticas entre as variedades, para esses índices. Além disso, conclui-se que não houve manifestação de heterose e a capacidade de combinação de cada variedade independe de efeitos heteróticos, para cada um desses índices.

Para os índices P/AP, P/AE, P/NTF e P/DF, os valores foram altamente significativos para efeito de variedades (v_j), heterose média (\bar{h}) e capacidade geral de combinação (g_j), e não significativos para heterose de variedades (h_j) e específica (s_{jj}). Tais resultados indicam que as variedades não constituem um grupo homogêneo. Conclui-se também que existe heterose para estes índices, mas que esta não varia de cruzamento para cruzamento. A capacidade geral de combinação das variedades independe de efeitos de heterose. Finalmente, os cruzamentos não apresentam capacidade específica de combinação.

Por último, para o índice P/AF por planta, os resultados indicaram diferenças significativas para os parâmetros de variedades (v_j), heterose média (\bar{h}), heterose de variedades (h_j) e capacidade geral de combinação (g_j), e não significativas para heterose específica (s_{jj}). Esses resultados confirmam, em primeiro lugar, que as variedades não constituem um grupo homogêneo para este índice. Também, que há manifestação de heterose, mas que esta não é a mesma nos diversos cruzamentos. Por outro lado, a capacidade geral de combinação das variedades contém um componente devido à heterose e portanto depende do comportamento das variedades nos cruzamentos. Além do mais, como nos casos anteriores, não se manifestou a capacidade específica de combinação.

Resumindo, pode-se salientar que a heterose média para os índices P/AF, P/AP, P/AE, P/NTF e P/DF, manifestou-se nêstes cruzamentos de variedades, indicando presença de apreciável diversidade genética, em cada caso. Além disso, na maioria dos índices investigados, não foi possível detectar diferenças entre as heteroses dos cruzamentos, podendo a escolha dos melhores híbridos recair sobre as médias dos índices das variedades. Por último, os efeitos não aditivos, devidos à capacidade específica de combinação, não foram importantes para todos os índices.

Na Tabela 16, são apresentados os valores relativos da heterose expressa em relação à média dos pais e ao pai de maior média dos dez híbridos intervarietais, para os índices individuais, a fim de se ter uma informação adicional. No exame dessa tabela, pode-se ver que as heteroses em relação à média dos pais e ao pai de maior média, variaram muito entre os híbridos e de um índice para outro, num mesmo híbrido. Em relação ao aspecto genético, aplicam-se os mesmos comentários anteriormente feitos, ao analisar as Tabelas 14 e 15.

Finalmente, deve-se salientar que os dados obtidos nesta parte do experimento, devem ser encarados com as restrições inerentes a experimentos deste tipo, conduzidos em um só local, durante um só ano, e com a densidade populacional empregada.

Apesar de não se poder detectar as diferentes interações, acredita-se que estas sejam menores, e que pelo menos os valores encontrados para os índices, possam servir como uma referência de ponto de partida para futuros trabalhos de investigações neste sentido.

5.3. Eficiência das populações na produção de grãos

Os valores da produção de grãos por planta, índice geral e eficiência das vinte populações de milho, são apresentados na Tabela 17. De modo geral, estes resultados mostram algumas tendências que podem ser importantes, sendo melhor visualizadas na Figura 1. Nesta figura compara-se a produção de grãos por planta e a eficiência dos dez híbridos, as respectivas populações paternas e as cinco testemunhas.

Do exame dessa figura, observa-se, em primeiro lugar, que as populações parentais mostraram um comportamento muito variável em relação à sua eficiência e produção de grãos. Assim, tem-se que WP 17 e WP 33 tiveram boa eficiência e baixa produtividade; Piracar I e WP 24 tiveram tanto

eficiência como produtividade baixas; e WP 25 baixa eficiência e alta produtividade. Esta boa eficiência das populações WP 17 e WP 33, talvez seja devida principalmente ao fato de apresentarem plantas mais baixas, com menor quantidade de matéria seca e área foliar, isto é, plantas com uma arquitetura bastante aceitável, em relação às outras populações.

Em segundo lugar, observa-se que as testemunhas H 6999 B, HV 2 e Centralmex, foram tão eficientes como produtivas. Deve-se, entretanto, salientar que, apesar de terem mostrado uma boa eficiência relativa, o tipo de planta destas populações está muito longe de ser o ideal, como pode observar-se na Tabela 10. Talvez, esta boa eficiência mostrada, não seja muito real, senão devida a uma forte incidência da alta produtividade na estimação da eficiência delas.

Por último, constata-se que algumas das populações híbridas, como PIRACAR I x WP 25, WP 25 x WP 33 e WP 17 x WP 25, são bastante promissoras, sendo iguais ou mais eficientes e produtivas que as testemunhas H 6999 B, HV 2 e Centralmex, que são populações já melhoradas. É interessante notar que a população WP 25, de alta produtividade, entrou na formação dos três híbridos intervarietais acima mencionados.

Estes dados dão uma idéia das possibilidades de se empregarem métodos de melhoramento visando elevar não somente a produtividade como também a eficiência das populações. Esta necessidade de obter plantas não só mais produtivas como também adequadas, tem sido destacada por vários autores (BROWN, 1965; PENDLETON, 1968), o que torna este aspecto cada vez mais evidente e importante, nos programas de melhoramento de milho.

A fim de conhecer os principais resultados relacionados com a análise genética, da eficiência apresenta-se na Tabela 18, a análise da variância relativa à eficiência das 15 populações em dialélico. Pode-se observar que houve diferenças significativas somente para os efeitos de variedades (v_j), heterose média (\bar{h}) e capacidade geral de combinação (g_j). Estes

resultados, em primeiro lugar, estão evidenciando as diferenças entre as variedades com respeito à sua eficiência. Conclui-se também que existe heterose para eficiência, mas que esta não varia de cruzamento para cruzamento.

Além disso, a capacidade geral de combinação das variedades, para a eficiência, independe de efeitos de heterose. Nota-se ainda, na Tabela 19, que as variedades WP 17 e WP 25 mostraram uma maior capacidade geral de combinação para eficiência sendo a variedade WP 24 a de mais baixa capacidade geral de combinação, enquanto que as variedades Piracar I e WP 33, foram intermediárias.

Por último, os cruzamentos não apresentaram capacidade específica de combinação para eficiência.

A Figura 2 ilustra a eficiência das populações híbridas e das populações parentais. Pode observar-se, de modo geral, que os híbridos intervarietais não tiveram um comportamento uniforme em relação à eficiência dos pais, mostrando-se bastante variáveis, o que está indicando tratar-se de um caráter geneticamente tão complexo ou mais que a produção de grãos.

Finalmente, deve-se salientar que os dados obtidos nesta parte do experimento precisam ser encarados com certas restrições, pois os pesos fornecidos aos diferentes caracteres podem variar de melhorista para melhorista, o que mudará o índice geral e portanto a estimação da eficiência para as diferentes populações em estudo.

Além disso, a eficiência das plantas não somente está diretamente influenciada por suas características morfológicas, mas também por fatores tais como densidade populacional, adubação e outras práticas culturais, as quais podem fazer variar enormemente esta eficiência (DONALD, 1968). Assim, é de se esperar que uma planta eficiente sempre requer melhores práticas culturais para manifestar sua boa eficiência.

5.4. Estimativa de médias de compostos com relação à produção de grãos e eficiência

As estimativas da produção de grãos e da eficiência dos 26 possíveis compostos formados a partir das cinco variedades, Piracar I, WP 17, WP 24, WP 25 e WP 33, são apresentados na Tabela 20. A comparação destas estimativas pode ser visualizada na Figura 3.

Do exame dessa figura, observa-se que 11 dos 26 compostos estimados, mostraram tanto boa eficiência como boa produtividade. Dentro deste grupo, destacam-se principalmente por sua alta produtividade os compostos (Piracar I, WP 25) e (WP 25, WP 33), e por sua alta eficiência os compostos (Piracar I, WP 17, WP 25), (WP 17, WP 25, WP 33) e (Piracar I, WP 17, WP 25, WP 33).

Espera-se no entanto, que a variabilidade genética seja maior nos compostos formados por três e quatro variedades. Estes, no presente estudo são de menor produtividade embora mais eficientes do que os compostos com alta produtividade formados somente por duas variedades.

O aproveitamento desta maior variabilidade na seleção poderá compensar a desvantagem inicial na produtividade dos compostos formados por maior número de variedades em relação aos formados somente por duas variedades.

Neste sentido, vários autores, entre os quais, GARDNER e PATERNIANI (1967) e CASTRO et al. (1968) têm chamado a atenção para a possibilidade de se formar, objetivamente, populações compostas a partir de variedades, obtendo-se assim um bom ponto de partida para eventuais trabalhos de seleção.

Tendo presente os resultados obtidos, acredita-se na possibilidade de se obter compostos de produtividade e eficiência relativamente altas e com suficiente variabilidade genética, que sirvam como material para iniciar programas de seleção, visando não somente a produtividade como também a eficiência das plantas.

6. CONCLUSÕES

Tendo em vista os resultados obtidos com as vinte populações de milho empregadas no presente trabalho, pôde-se concluir que:

1. As produções de grãos por planta de vários híbridos intervarietais, foram bastante promissoras, chegando alguns híbridos a produzir mais que as populações melhoradas, de alta produtividade como Centralmex, HV 2 e H 6999 B.

2. Os dados para os outros caracteres, ou seja, matéria seca, área foliar, altura da planta, altura da espiga, nº total de fôlhas, porcentagem de fôlhas acima da espiga e nº de dias para o florescimento, indicam que, muito embora êsses cruzamentos e os respectivos germoplasmas sejam promissores, apresenta, entretanto, plantas com uma arquitetura aquém da ideal. Torna-se, assim, mais evidente a necessidade de seleção para plantas não somente mais produtivas como também mais adequadas.

3. Os principais resultados relacionados com a análise genética para êstes caracteres, das 15 populações em dialélico, evidenciaram que: a) a heterose média manifestou-se, nestes cruzamentos, somente para produção de grãos e matéria seca, indicando apreciável diversidade genética, entre as populações, em cada caso; b) na maioria dos caracteres investigados não foi possível detectar diferenças entre as heteroses dos cruzamentos, podendo a escolha dos melhores híbridos recair sobre as médias das variedades; e c) os efeitos não aditivos, que se refletem na capacidade específica de combinação, foram pouco importantes na maioria dos caracteres.

4. Com relação aos índices individuais, verificaram-se os seguintes resultados principais:

A produção de grãos por unidade de matéria seca (P/MS), variou entre 0,4622 e 0,6424 g./g. nas 5 variedades e, entre 0,4435 e 0,6704 g./g., nos 10 respectivos híbridos intervarietais. Entre o material comercial o maior índice foi encontrado em Centralmex, cujo valor foi de 0,6302 g./g.. Em média, os híbridos intervarietais não apresentaram heterose (com relação à média dos pais) para a produção de grãos por unidade de matéria seca. Isto indica que nêstes híbridos o aumento da produção de grãos em relação aos pais foi acompanhado por um correspondente aumento na quantidade de matéria seca.

A produção de grãos por unidade de área foliar (P/AF), variou entre 0,0126 e 0,0167 g./cm² nas 5 variedades e, entre 0,0141 e 0,0186 g./cm², nos 10 respectivos híbridos intervarietais. Entre o material comercial os maiores índices foram encontrados para Centralmex e HV 2, cujos valores foram de 0,0162 e 0,0174 g./cm², respectivamente. Em média, os híbridos intervarietais apresentaram uma heterose de 112% (com relação à média dos pais) para a produção de grãos por unidade de área foliar. Isto mostra que os híbridos intervarietais, em média, produziram 12% a mais de grãos (em gramas) por unidade de área foliar (em cm²) do que as variedades parentais.

Para os demais índices individuais, em média, os híbridos intervarietais foram heteróticos (com relação à média dos pais).

5. A alta variabilidade encontrada entre as populações com relação aos índices individuais, sugere a possibilidade de se fazer um melhoramento genético do material, com relação aos índices. Assim, um melhoramento pode ser feito selecionando-se tanto para produção como para altos índices individuais, obtendo-se, deste modo, plantas mais eficientes na produção de grãos, tanto por unidade de matéria seca como de área foliar, etc..

6. Os resultados da análise genética para êstes índices individuais evidenciaram que: a) a heterose média manifestou-se nêstes cruzamentos, em quase todos os índices, indicando presença de apreciável diversidade

genética entre as populações, em cada caso; b) na maioria dos índices individuais, não foi possível detectar diferenças entre as heteroses dos cruzamentos, podendo a escolha dos híbridos de mais altos índices, recair sobre as médias das variedades; e c) a variação dos cruzamentos devida à capacidade específica de combinação, em relação aos índices não foi de importância.

7. Com o emprego da medida de eficiência (E), preconizada neste trabalho, verificaram-se os seguintes resultados principais:

A medida de eficiência (E), variou entre -0,6104 e 0,5726 nas 5 variedades e, entre -0,4685 e 1,1132, nos 10 respectivos híbridos intervarietais. Entre o material comercial a maior eficiência foi encontrada para Centralmex, cujo valor foi de 0,8630. Os híbridos intervarietais foram, em média, mais eficientes que as variedades. As variedades que apresentaram maior capacidade geral de combinação, para eficiência, foram WP 17 e WP 25.

8. Os altos valores encontrados para eficiência e produtividade em alguns híbridos intervarietais, mostram a possibilidade de se empregar algumas das variedades estudadas como matéria prima para um melhoramento genético, visando elevar não só a produtividade como a eficiência das plantas.

9. Os valores altamente significativos para os efeitos de variedades e heterose média, encontrados para a eficiência, indicam a existência de diversidade genética entre as variedades, com relação a esta característica. A heterose para a eficiência, porém não variou de cruzamento para cruzamento. A capacidade geral de combinação e portanto os efeitos aditivos dos genes, foram de maior importância do que os efeitos não aditivos (dominância e epistase).

10. As estimativas de eficiência e produtividade dos diversos compostos possíveis de serem sintetizados, mostraram que os mais eficientes sempre foram os que incluíam a variedade WP 25 e os mais produtivos e também mais eficientes aqueles que incluíam as variedades WP 17 e WP 25.

11. As previsões de compostos para produção de grãos e eficiência, evidenciaram a possibilidade de se obter compostos de produtividade e eficiência relativamente altos e com suficiente variabilidade genética, que sirvam de populações-base, para iniciar programas de seleção, visando elevar tanto a produtividade como a eficiência.

7. RESUMO

Nêste trabalho estudaram-se cinco variedades não melhoradas de milho, com caracteres bem contrastantes, os respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos, e cinco cultivares comerciais.

O objetivo do estudo foi: a) avaliar o comportamento destas populações com relação à eficiência na produção de grãos, bem como em relação a alguns caracteres agrônomicamente importantes; b) conhecer alguns aspectos da base genética da eficiência (através dos cruzamentos dialélicos); c) comparar o material comercial com o não comercial, do ponto de vista da eficiência; e d) investigar a possibilidade de se melhorar geneticamente a eficiência das plantas, com base nas cinco variedades empregadas.

A eficiência (E) de cada população, foi medida pela produção estandardizada de grãos por planta (W), da qual se substraiu um índice geral (I), formado pelos caracteres: matéria sêca, área foliar, altura da planta, altura da espiga, nº total de fôlhas, porcentagem de fôlhas acima da espiga e nº de dias para o florescimento, devidamente ponderados (Assim, $E = W - I$).

Para êste estudo também se empregaram índices individuais, obtidos dividindo-se a produção de grãos pelos demais caracteres separadamente, para cada população.

Estudou-se a heterose, a capacidade geral e específica de combinação, em relação aos caracteres, os índices individuais e a eficiência das variedades cruzadas em dialélico

Os resultados obtidos, com relação à eficiência na produção de grãos, revelaram presença de heterose nos cruzamentos intervarietais, o que indica existência de apreciável diversidade genética entre as variedades para esta característica. A capacidade geral de combinação e portanto os efeitos aditivos dos genes, foram de importância maior do que os efeitos não aditivos (dominância e epistase).

Verificou-se que os híbridos intervarietais mostraram, em média, uma maior eficiência na produção de grãos que as respectivas variedades parentais. Tal aumento de eficiência dos híbridos intervarietais, no entanto, não foi devida à capacidade de produzirem maior peso de grãos por unidade de matéria seca, mas sim por terem produzido maior peso de grãos por unidade de área foliar, altura da planta, altura da espiga, nº total de fôlhas, porcentagem de fôlhas acima da espiga e nº de dias para o florescimento.

Os valores relativamente altos, encontrados para eficiência e produtividade em alguns híbridos intervarietais, mostraram a possibilidade de se conseguir um melhoramento genético, não só da produção de grãos como da eficiência, com o material estudado.

Entre os cultivares comerciais empregados, os melhores (bastante difundidos em nosso meio) não apresentaram uma eficiência superior aos melhores híbridos intervarietais estudados.

Além disso mostrou-se que um programa de melhoramento genético, visando aumentar a eficiência e produção de grãos, pode ser iniciado através da síntese de compostos empregando-se algumas das variedades estudadas. Tal possibilidade se evidenciou pelos valores relativamente altos de eficiência e produtividade, encontrados para alguns compostos possíveis de serem sintetizados.

8. SUMMARY

The present research was carried out using five non improved varieties of maize with well contrasting characteristics, their respective intervarietal hybrids in diallel crosses and five commercial populations.

The aims of the present study were: a) to evaluate the behaviour of such populations in relation to the efficiency in grain production and also in relation to some important agronomic characteristics; b) to study some aspects of the genetic basis of efficiency through diallel crosses; c) to compare commercial and non commercial material as far as efficiency is concerned; d) to investigate the possible ways for the genetical improvement of efficiency of the plant based on the five used varieties.

The efficiency (E) of each population was measured by (standardized) grain production per plant (W) from which it was subtracted a general index (I) formed by the following characteristics: dry matter, leaf area, height of the plants, height of the ear, total number of leaves, percentage of leaves above the ear and days to flowering, each characteristic being properly weighed (so, $E = W - I$).

Individual indexes, obtained separately for each population by dividing the grain production by the other characteristics were also used.

Heterosis and general and specific combining ability in relation to the characteristics, the individual indexes and the efficiency of the varieties in diallel crosses were also studied.

The obtained results considering grain production efficiency have shown heterosis in the intervarietal crosses, indicating large genetical diversity among varieties in relation to such characteristic. The general combining ability and consequently the additive effects of the genes were much more important than non-additive effects (dominance and epistasis).

The intervarietal hybrids have shown, on average, a greater efficiency in relation to the grain production than the respective parental varieties. However, such increase in efficiency of the intervarietal hybrids was due to greater weight of grains per leaf area unity, height of plants, height of ears, total number of plants, percentage of leaves above the ear and number of days to flowering and not due to the ability of such intervarietal hybrids in producing greater weight of grains per unit of dry matter.

The relatively high values found for the efficiency and productivity in some intervarietal hybrids have shown a possible way in getting a genetical improvement of the studied material not only in relation to grain production but also in relation to the efficiency.

Among the commercial populations used in the present research the best ones (largely used in our conditions) did not show a superior efficiency in relation to the best intervarietal hybrids studied.

In addition, it was shown that a genetical breeding programme aimed at improving the efficiency and grain production can be pursued through the synthesis of composites using some of the studied varieties. This possibility was demonstrated by relatively high efficiency and productivity values estimated for some composites which can be synthesized.

9. LITERATURA CITADA

- ANDERSON, I.C., 1967. - Plant characteristics that affect yield. Proc. 22 th. Annual Hybrid Corn Industry-Research Conference. p. 71-73.
- ANDERSON, J.C. and CHOW, P.N., 1963. - Phenotypes and grain yield associated with brachytic-2 gene in single-cross hybrids of dent corn. Crop Sci. 3:111-113.
- BEACHELL, H.M., 1966. - The development of rice varietal types for the tropics. Indian J. Genet. 26:200-205.
- BRIEGER, F.G., GURGEL, J.T.A., PATERNIANI, E., BLUMENSCHNEIN, A. and ALLEONI, M.R.B., 1958. - Races of maize in Brazil and other eastern South American countries. National Academy Sciences - National research council. Pub. 593.
- BROWN, W.L., 1965. - Physical characteristics of corn of the future. Proc. 20 th. Annual Hybrid Corn Industry - Research Conference. p. 7-16.
- BUTTERY, B.R., 1970. - Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. Crop Sci. 10:9-13.
- CAMPBELL, C.M., 1964. - Influence of seed formation of corn on accumulation of vegetative dry matter and stalk strength. Crop Sci. 4:31-34.
- _____, 1965. - New dwarfs and modifiers. Proc. 20 th. Annual Hybrid Corn Industry - Research Conference. p. 22-30.
- CARMO, C.M., 1969. - Avaliação de progênies de meios-irmãos em populações heterogêneas de milho (Zea mays L.). Tese de Magister Scientiae. E.S.A. L.Q., Piracicaba, S.P. 48 p.

- CASTRO, G.M., GARDNER, C.O. and LONNQUIST, J.H., 1968. - Cumulative gene effects and the nature of heterosis in maize crosses involving genetically diverse races. *Crop Sci.* 8:97-101.
- CHASE, S.S. and NANDA, D.K., 1967. - Number of leaves and maturity classification in Zea mays L. *Crop Sci.* 7:431-432.
- COMPTON, W.A., GARDNER, C.O. and LONNQUIST, J.H., 1965. - Genetic variability in two open-pollinated varieties of corn (Zea mays L.) and their F₁ progenies. *Crop Sci.* 5:505-508.
- DAYNARD, T.B., TANNER, J.W. and HUME, D.J., 1969. - Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield. *Crop Sci.* 9:831-834.
- DONALD, C.M., 1968. - The breeding of crop ideotypes. *Euphytica* 17:385-403.
- DUNCAN, W.G., 1958. - The relationship between corn population and yield. *Agron. J.* 50:82-84.
- EARLEY, E.B., 1965. - Relative maximum yield of corn. *Agron. J.* 57:514-515.
- EBERHART, S.A. and GARDNER, C.O., 1966. - The general model for genetic effects. *Biometrics* 22:864-881.
- _____, MOLL, R.H., ROBINSON, H.F. and COCKERHAM, C.C., 1966. - Epistatic and other genetic variances in two varieties of maize. *Crop Sci.* 6: 275-280.
- EIK, KALJU and HANWAY, J.J., 1966. - Leaf area in relation on yield of corn grain. *Agron. J.* 58:16-18.
- FOWLER, C.W. and RASMUSSEN, D.C., 1969. - Leaf area relationships and inheritance in barley. *Crop Sci.* 9:729-731.
- FRANCIS, C.A., RUTGER, J.N. and PALMER, A.F.E., 1969. - A rapid method for plant leaf area estimation in maize (Zea mays L.). *Crop Sci.* 9:537-539.
- GARDNER, C.O., 1965. - Teoria de genética estadística aplicable a las medias de variedades, sus cruces y poblaciones afines. *Fit. Latinoamericana* 2:11-22.

GARDNER, C.O. and EBERHART, S.A., 1966. - Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics* 22:439-452.

_____ and LONNQUIST, J.H., 1966. - Statistical genetic theory and procedures useful in studing varieties and intervarietal crosses in maize. Reprint from *Heterosis in intervarietal crosses of maize*, CIMMYT Research Bul. n^o 2:7-34.

_____ and PATERNIANI, E., 1967. - A genetic model used to evaluate the breeding potential of open-pollinated varieties of corn. *Ciência e Cultura* 19:95-101.

GARNER, W.W. and ALLARD, H.A., 1920. - Effect of the relative length of day und night and other factors of the environment on growth and reproduction in plants. *J. Agr. Res.* 18:553-606.

GLOVE, D.V., 1970. - Location of a gene in maize conditioning a reduced plant stature. *Crop Sci.* 10:611-612.

GRIFFING, B., 1956. - Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.* 9:463-493.

HALLAUER, A.R. and EBERHART, S.A., 1966. - Evaluation of synthetic varieties of maize for yield. *Crop Sci.* 6:423-427.

_____ and SEARS, J.H., 1968. Second phase in the evaluation of synthetic varieties of maize for yield. *Crop Sci.* 8:448-451.

HANWAY, J.J., 1962. - Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of plant parts, relation between leaf weight and grain yield. *Agron. J.* 54:145-148.

_____ and RUSSELL, W.A., 1969. - Dry-matter acumulation in corn (*Zea mays* L.) plants: comparisons among single-cross hybrids. *Agron. J.* 61:947-951.

HESKETH, J.D., CHASE, S.S. and NANDA, D.K., 1969. - Environmental and genetics modification of leaf number in maize, sorghum and hungarian millet. *Crop Sci.* 9:460-463.

- HOYT, P. and BRADFIELD, R., 1962. - Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agron. J.* 54:523-525.
- JENNINGS, P.R., 1964. - Plant type as a rice breeding objective. *Crop Sci.* 4:13-15.
- JOHNSTON, R.R., McCLURE, K.E., JOHNSTON, L.J., KLOSTERMAN, E.W. and TRIPLETT, G.B., 1966. - Corn plant maturity. I. Changes in dry matter and protein distribution in corn plants. *Agron. J.* 58:151-153.
- LENG, E.R., 1957. - Genetic production of short stalked hybrids. *Proc. 12th. Annual Hybrid Corn Industry - Research Conference.* p. 80-86.
- LONNQUIST, J.H. and GARDNER, C.O., 1961. - Heterosis intervarietal crosses in maize and its implication in breeding procedures. *Crop Sci.* 1:179-183.
- LOOMIS, R.S. and WILLIAMS, W.A., 1963. - Maximum crop productivity: an estimative. *Crop Sci.* 3:67-72.
- _____, _____, DUNCAN, W.G., DOVRAT, A. and NUÑEZ, F.A., 1968. - Quantitative descriptions of foliage display and light absorption in yield communities of corn plants. *Crop Sci.* 8:352-356.
- MEHRA, K.L. and DIXIT, O.P., 1969. - Analysis of plant type in sorghum. *Indian J. Genet.* 29:30-35.
- MOLL, R.H., LONNQUIST, J.H., FORTUNATO, J.V. and JOHNSON, E.C., 1965. - The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52:139-144.
- _____, SALHUAMA, W.S. and ROBINSON, H.F., 1962. - Heterosis and diversity in variety crosses of maize. *Crop Sci.* 2:197-198.
- MOSS, D.N., 1964. - Optimum lighting of leaves. *Crop Sci.* 4:131-136.
- _____ and PEASLEE, D.E., 1965. - Photosynthesis of maize leaves as affected by age and nutrient status. *Crop Sci.* 5:280-281.

- NEAL, N.P., 1968. - Maturity rating systems for corn hybrids. Proc. 23th. Annual Hybrid Corn and Sorghum Research Conference. p. 45-53.
- OWEN, P.C., 1957. - Rapid estimation of the areas of the leaves of crop plants. Nature 180:611.
- PATERNIANI, E., 1961. - Cruzamentos interraciais de milho. Tese de Livre-Docência. E.S.A.L.Q., Piracicaba, S.P. 46 p.
- _____, 1968. - Formação de compostos de milho. In: Relatório científico de 1968. Departamento de Genética e Instituto de Genética, E.S.A.L.Q., Piracicaba, S.P. p. 102-108.
- _____, 1970. - Heterose em cruzamentos intervarietais de milho. In: Relatório científico de 1970. Departamento de Genética e Instituto de Genética. E.S.A.L.Q., Piracicaba, S.P. p. 95-100.
- _____ and LONNQUIST, J.H., 1963. - Heterosis in interracial crosses of corn (Zea mays L.). Crop Sci. 3:504-507.
- PEARCE, R.B., BROWN, R.H. and BLASER, R.E., 1967. - Photosynthesis in plant communities as influenced by leaf angle. Crop Sci. 7:321-324.
- PENDLETON, J.W., 1968. - Light relationships and corn plant geometry. Proc. 23th. Annual Corn and Sorghum Research Conference. p. 91-96.
- _____ and SEIF, R.D., 1961. - Plant population and row spacing studies with brachytic-2 dwarf corn. Crop Sci. 1:433-435.
- _____, _____, 1962. - Role of height in corn competition. Crop Sci. 2:154-156.
- _____, SMITH, G.E., WINTER, S.R. and JOHNSTON, T.J., 1968. - Field investigations of the relationships of leaf angle in corn (Zea mays L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agron. J. 60:422-424.
- PIMENTEL GOMES, F., 1970. - Curso de Estatística Experimental. 4ª ed. revista e ampliada. E.S.A.L.Q., Univ. de São Paulo, Piracicaba, 430 p.

- RICHEY, F.D., 1922. - The experimental basis for the present status of corn breeding. *J. Am. Soc. Agron.* 14:1-17.
- ROBINSON, H.F., KHALIL, A., COMSTOCK, R.E. and COCKERHAM, C.C., 1958. - Joint interpretation of heterosis and genetic variances in two open-pollinated varieties of corn and their cross. *Genetics* 43:868-877.
- _____ and MOLL, R.H., 1965. - Procedimientos útiles para mejorar el comportamiento de cruces intervarietales. *Fit. Latinoamericana* 2:39-56.
- RUSCHEL, R., 1968. - Interação genótipos x localidades na região centro-sul em milho (*Zea mays* L.). Tese de Magister Scientiae. E.S.A.L.Q., Piracicaba, S.P. 60 p.
- RUTGER, J.N. and CROWDER, L.V., 1967. - Effect of high plant density on silage and grain yields of six corn hybrids. *Crop Sci.* 7:182-184.
- SCOTT, G.E. and CAMPBELL, C.M., 1969. - Internode length in normal and brachytic-2 maize inbreds and single crosses. *Crop Sci.* 9:293-295.
- SHIBLES, R.M. and WEBER, C.R., 1965. - Leaf area, solar radiation interception, and dry matter production by soybeans. *Crop Sci.* 5:575-577.
- SILVA, S.C., 1969. - Estimativa de parâmetros genéticos, com especial ênfase à epistasia, em cruzamentos intervarietais de milho. Tese de Magister Scientiae. Univ. Federal de Viçosa. Minas Gerais. 61 p.
- SINGH, I.D. and STOSKOPF, N.C., 1971. - Harvest index in cereals. *Agron. J.* 63:224-226.
- SNEDECOR, G.W., 1956. - Statistical methods. 5^a ed. Ames, Iowa. The Iowa State College Press. 534 p.
- SPRAGUE, G.F., 1955. - Corn breeding. In: Sprague, G.F. ed. Corn and corn improvement. New York. Academic Press. p. 221-272.
- STEIN, O.L., 1955. - Rates of leaf initiation in two mutants of *Zea mays* L., dwarf1 and brachytic-2. *Am. J. Bot.* 42:885-892.

TROYER, A.F. and HALLAUER, A.R., 1968. - Analysis of a diallel set of early flint varieties of maize. Crop Sci. 8:581-584.

VENCOVSKY, R., 1970. - Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades. Tese de Livre-Docência. E.S.A.L.Q. Piracicaba, S.P. 59 p.

VOGEL, O.A., ALLEN, R.E. and PETERSON, C.J., 1963. - Plant performance characteristics of semi dwarf winter wheats producing most efficiently in eastern Washington. Agron. J. 55:397-398.

WELLHAUSEN, E.J., 1965. - Exotic germplasm for improvement of corn belt maize. Proc. 20th. Annual Hybrid Corn Industry-Research Conference. p. 31-45.

WILLIAMS, W.A., LOOMIS, R.S. and LEPLEY, C.R., 1965a. - Vegetative growth of corn as affected by population density. I - Productivity in relation to interception of solar radiation. Crop Sci. 5:211-215.

_____, _____ and _____, 1965b. - Vegetative growth of corn as affected by population density. II. Components of growth, net assimilation rate and leaf area index. Crop Sci. 5:215-219.

_____, _____, DUNCAN, W.G., DOVRAT, A. and NUÑEZ, F.A., 1968. - Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yields of corn. Crop Sci. 8:303-308.

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

T A B E L A S

Tabela 1. Dados experimentais: produção de grãos, em gramas por planta, das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.) (Densidade de plantio: 33.333 plantas/ha.).

Tratamentos	Repetições									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Piracar I	108 ⁺	99	98	85	106	71	117	79	102	90
WP 17	73	87	76	80	85	79	72	89	92	74
WP 24	89	91	91	112	113	88	84	118	106	97
WP 25	127	131	144	134	143	112	123	106	159	156
WP 33	205	98	104	103	108	96	82	81	98	84
Piracar I x WP 17	81	116	108	115	131	111	113	111	120	118
Piracar I x WP 24	99	112	96	104	107	80	87	121	103	118
Piracar I x WP 25	154	142	140	136	119	138	111	158	146	145
Piracar I x WP 33	111	110	104	78	133	113	75	114	100	104
WP 17 x WP 24	81	104	112	134	102	110	83	113	107	111
WP 17 x WP 25	120	134	123	144	133	120	152	142	112	145
WP 17 x WP 33	118	119	106	98	86	102	97	108	96	124
WP 24 x WP 25	130	121	141	137	151	106	114	148	125	146
WP 24 x WP 33	116	111	94	112	101	103	79	96	111	120
WP 25 x WP 33	123	131	104	147	146	121	114	124	143	150
Dente Paulista	71	63	76	79	52	62	57	61	71	61
Dente Paulista SMV	74	73	105	54	65	61	48	74	70	95
Centralmex	161	132	133	103	115	87	133	162	137	134
HV 2	121	111	122	141	143	130	116	106	163	134
H 6999 B	133	120	135	128	134	103	107	148	135	121

+ Cada casela contém a média de produção de 38 plantas.

\bar{X} = 110 gramas/planta.

Tabela 2. Dados experimentais: matéria seca (excluindo a dos grãos e raízes) em gramas por planta das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.).

Tratamentos	Repetições				
	I	II	III	IV	V
Piracar I	136 ⁺	183	149	113	162
WP 17	101	132	146	133	214
WP 24	176	193	225	241	213
WP 25	248	312	270	342	272
WP 33	192	164	228	159	233
Piracar I x WP 17	166	166	164	159	222
Piracar I x WP 24	163	222	204	266	220
Piracar I x WP 25	240	263	255	243	218
Piracar I x WP 33	147	181	241	121	365
WP 17 x WP 24	166	184	183	398	189
WP 17 x WP 25	179	241	238	282	237
WP 17 x WP 33	137	130	138	221	160
WP 24 x WP 25	192	301	294	285	415
WP 24 x WP 33	152	241	231	253	141
WP 25 x WP 33	179	261	197	301	384
Dente Paulista	165	295	360	327	315
Dente Paulista SM V	288	223	221	253	213
Centralmex	177	218	253	142	239
HV 2	189	225	274	266	290
H 6999 B	263	180	255	239	275

+ Cada casela: média de 5 plantas

\bar{X} = 222 gramas/planta.

Tabela 3. Dados experimentais: área foliar em cm^2 por planta, das vinte populações de milho estudadas. (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.).

Tratamentos	Repetições				
	I	II	III	IV	V
Piracar I	6255 ⁺	6496	6571	5914	6827
WP 17	5688	6125	5516	5500	5700
WP 24	8222	7942	7672	7777	7552
WP 25	10382	9882	7995	10423	10831
WP 33	6635	6022	6479	6108	6326
Piracar I x WP 17	6274	5882	5670	6064	6252
Piracar I x WP 24	6675	7246	6548	8041	7400
Piracar I x WP 25	8527	8469	8388	8780	9599
Piracar I x WP 33	7228	6517	7254	6636	7236
WP 17 x WP 24	6523	6073	7387	7079	6542
WP 17 x WP 25	7774	8296	7788	8188	6667
WP 17 x WP 33	7213	6193	5606	5897	6315
WP 24 x WP 25	8238	8395	7999	9023	9362
WP 24 x WP 33	7348	8166	7147	7689	6550
WP 25 x WP 33	7011	7572	6716	6821	7224
Dente Paulista	8113	8945	9819	8508	8229
Dente Paulista SM V	7568	8483	7365	6592	7775
Centralmex	8556	8414	7827	6997	8037
HV 2	6986	7197	7815	7441	7511
H 6999 B	9081	8692	8696	9211	9669

+ Cada casela: média de 5 plantas

$\bar{X} = 7479 \text{ cm}^2/\text{planta}.$

Tabela 4. Dados experimentais: altura das plantas, em m. nas vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.).

Tratamentos	Repetições				
	I	II	III	IV	V
Piracar I	2,21 ⁺	2,31	2,30	2,02	2,38
WP 17	1,54	1,76	1,83	1,90	1,70
WP 24	2,26	2,38	2,35	2,50	2,38
WP 25	2,34	2,63	2,53	2,67	2,70
WP 33	2,09	2,00	2,22	2,02	2,47
Piracar I x WP 17	1,95	1,86	2,01	1,73	2,09
Piracar I x WP 24	2,17	2,48	2,26	2,23	2,45
Piracar I x WP 25	2,39	2,50	2,56	2,42	2,49
Piracar I x WP 33	2,31	2,22	2,24	2,18	2,33
WP 17 x WP 24	1,90	1,86	1,96	2,23	2,02
WP 17 x WP 25	1,90	2,54	2,44	2,15	2,24
WP 17 x WP 33	1,97	1,95	1,86	1,80	1,93
WP 24 x WP 25	2,57	2,58	2,62	2,72	2,89
WP 24 x WP 33	2,15	2,34	2,36	2,31	2,26
WP 25 x WP 33	2,30	2,57	2,35	2,50	2,53
Dente Paulista	2,48	2,15	2,44	2,62	2,53
Dente Paulista SM V	2,39	2,49	2,51	2,34	2,42
Centralmex	2,44	2,48	2,47	2,22	2,45
HV 2	2,35	2,58	2,69	2,56	2,55
H 6999 B	2,37	2,37	2,52	2,41	2,42

+ Cada casela: média de 5 plantas

$\bar{X} = 2,29$ m./planta.

Tabela 5. Dados experimentais: altura da espiga, em m., das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.).

Tratamentos	Repetições				
	I	II	III	IV	V
Piracar I	1,24 ⁺	1,27	1,26	1,02	1,28
WP 17	0,78	0,86	0,90	0,94	0,83
WP 24	1,15	1,34	1,32	1,33	1,24
WP 25	1,54	1,60	1,63	1,58	1,61
WP 33	1,10	1,07	1,23	1,18	1,24
Piracar I x WP 17	1,03	1,08	1,05	0,99	1,00
Piracar I x WP 24	1,10	1,24	1,07	1,21	1,33
Piracar I x WP 25	1,29	1,50	1,48	1,39	1,47
Piracar I x WP 33	1,29	1,27	1,26	1,26	1,34
WP 17 x WP 24	0,97	1,05	1,12	1,18	1,12
WP 17 x WP 25	1,03	1,31	1,35	1,27	1,16
WP 17 x WP 33	1,04	1,00	0,99	0,91	1,02
WP 24 x WP 25	1,41	1,46	1,61	1,60	1,58
WP 24 x WP 33	1,15	1,31	1,23	1,18	1,25
WP 25 x WP 33	1,35	1,59	1,43	1,61	1,45
Dente Paulista	1,44	1,24	1,54	1,47	1,42
Dente Paulista SM V	1,23	1,38	1,52	1,50	1,54
Centralmex	1,40	1,37	1,43	1,18	1,58
HV 2	1,23	1,55	1,60	1,51	1,58
H 6999 B	1,33	1,36	1,52	1,35	1,50

+ Cada casela: média de 5 plantas

$\bar{X} = 1,29$ m./planta.

Tabela 6. Dados experimentais: número total de fôlhas por planta das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.)

Tratamentos	Repetições				
	I	II	III	IV	V
Piracar I	16,2 ⁺	17,8	18,2	17,2	18,0
WP 17	14,2	14,2	15,4	15,6	15,6
WP 24	16,2	18,4	17,4	17,0	17,4
WP 25	19,8	18,6	19,4	19,8	20,0
WP 33	16,0	14,0	16,4	15,8	16,8
Piracar I x WP 17	16,0	16,8	15,2	15,6	16,0
Piracar I x WP 24	17,2	16,8	18,2	17,2	17,0
Piracar I x WP 25	18,0	18,4	19,0	17,0	18,2
Piracar I x WP 33	16,0	16,4	17,2	17,0	17,2
WP 17 x WP 24	15,2	16,2	16,8	16,8	16,0
WP 17 x WP 25	15,8	18,6	18,2	17,4	18,8
WP 17 x WP 33	15,6	15,2	15,6	16,0	15,4
WP 24 x WP 25	18,0	17,8	19,6	18,4	19,6
WP 24 x WP 33	16,0	16,8	17,2	17,2	17,4
WP 25 x WP 33	16,6	17,2	17,4	18,4	17,8
Dente Paulista	17,0	17,4	17,6	17,4	17,4
Dente Paulista SM V	17,0	17,8	18,0	19,6	17,8
Centralmex	17,2	17,6	18,0	16,6	17,4
HV 2	16,6	17,6	18,0	17,4	17,2
H 6999 B	18,4	17,6	17,8	18,2	18,8

+ Cada casela: média de 5 plantas

$\bar{X} = 17,2$ fôlhas/planta.

Tabela 7. Dados experimentais: número de fôlhas acima da espiga, em porcentagem do número total de fôlhas da planta, das vinte populações de milho estudadas. (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.).

Tratamentos	Repetições				
	I	II	III	IV	V
Piracar I	37,05 ⁺	34,83	30,76	36,04	36,66
WP 17	33,80	36,61	33,76	35,89	34,61
WP 24	38,27	34,78	29,88	35,29	35,63
WP 25	30,30	34,40	26,80	34,34	32,00
WP 33	32,50	37,14	31,70	32,91	34,52
Piracar I x WP 17	36,25	33,33	34,21	33,33	37,50
Piracar I x WP 24	37,20	40,47	35,16	33,72	38,82
Piracar I x WP 25	35,55	32,60	37,89	32,94	32,96
Piracar I x WP 33	37,50	30,48	36,04	36,47	32,55
WP 17 x WP 24	32,89	33,33	34,52	33,33	31,25
WP 17 x WP 25	37,97	34,40	32,96	28,73	34,04
WP 17 x WP 33	34,61	32,89	30,76	32,50	35,06
WP 24 x WP 25	37,77	33,70	33,67	34,78	38,77
WP 24 x WP 33	32,50	34,52	37,20	33,72	33,33
WP 25 x WP 33	36,14	34,88	33,33	33,69	35,95
Dente Paulista	36,47	33,33	32,95	34,48	35,63
Dente Paulista SM V	35,29	29,21	31,11	29,59	32,58
Centralmex	32,55	35,22	33,33	32,53	29,88
HV 2	33,73	32,95	33,33	31,03	32,55
H 6999 B	32,60	32,95	33,70	35,16	31,91

+ Cada casela: média de 5 plantas

$\bar{X} = 34,02\%$ de fôlhas acima da espiga/planta.

Tabela 8. Dados experimentais: número de dias para o florescimento das vinte populações de milho estudadas (1970-71, Taquaral, Piracicaba, S.P.).

Tratamentos	Repetições				
	I	II	III	IV	V
Piracar I	74 ⁺	73	78	77	75
WP 17	72	71	72	71	71
WP 24	75	77	76	76	76
WP 25	83	84	83	84	83
WP 33	75	73	74	75	74
Piracar I x WP 17	75	74	75	72	72
Piracar I x WP 24	74	76	77	76	77
Piracar I x WP 25	78	81	80	78	79
Piracar I x WP 33	73	77	76	78	74
WP 17 x WP 24	74	72	75	74	73
WP 17 x WP 25	79	79	78	78	76
WP 17 x WP 33	72	71	72	72	72
WP 24 x WP 25	83	78	81	78	79
WP 24 x WP 33	76	76	76	75	75
WP 25 x WP 33	78	81	78	76	77
Dente Paulista	83	84	83	83	83
Dente Paulista SM V	82	82	81	83	81
Centralmex	82	80	78	80	82
HV 2	82	79	81	78	78
H 6999 B	83	83	82	83	83

+ Cada casela: florescimento médio de 38 plantas

\bar{X} = 77 dias.

Tabela 9. Resultados das análises da variância relativas à produção de grãos (P), matéria seca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de fôlhas (NTF), porcentagem de fôlhas acima da espiga (FAE) e nº de dias para o florescimento (DF), das vinte populações de milho. (1970-71). (Análises dos dados das Tabelas 1 a 8).

Fonte de variação	P(g./planta)		MS(g./pl.)		AF(cm ² /pl.)		AP(m/pl.)	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
Repetições	9	790,22	4	12729,96	4	230823,80	4	0,0703
Tratamentos	19	4533,84**	19	10079,74**	19	6222928,57**	19	0,2954**
Êrro	171	243,78	76	2356,60	76	293982,06	76	0,0145
Total	199		99		99		99	
C.V. %		14,2		21,8		7,2		5,2

Fonte de variação	AE (m/pl.)		NTF(nºfol/pl)		FAE(%fol/pl)		DF (nº dias)	
	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.	G.L.	Q.M.
Repetições	4	0,0498	4	2,6074	4	3,9870	4	1,9150
Tratamentos	19	0,1927**	19	6,0543**	19	3,3973*	19	69,0794**
Êrro	76	0,0069	76	0,3897	76	1,6793	76	1,7202
Total	99		99		99		99	
C.V. %		6,4		3,6		3,6		1,7

Obs.: FAE: análises feitas com a transformação angular.

* Significativo a 5%

** Significativo a 1%

Tabela 10. Valores médios observados por planta, para os caracteres produção de grãos (P), matéria seca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de fôlhas (NTF), porcentagem de fôlhas acima da espiga (FAE) e nº de dias para o florescimento (DF), das vinte populações de milho estudadas. 1970-71.

Tratamentos	P g	MS g	AF cm ²	AP m	AE m	NTF N	FAE %	DF N
Piracar I	95,5	148,6	6412,6	2,24	1,21	17,5	35,06	75,4
WP 17	80,7	145,2	5705,6	1,75	0,86	15,0	34,93	71,4
WP 24	98,9	209,6	7833,0	2,37	1,28	17,3	34,77	76,0
WP 25	133,5	288,8	9902,6	2,57	1,59	19,5	31,55	83,4
WP 33	105,9	195,2	6314,1	2,16	1,16	15,8	33,75	74,2
Piracar I x WP 17	112,4	175,4	6028,4	1,93	1,03	15,9	34,92	73,6
Piracar I x WP 24	102,7	215,0	7181,9	2,32	1,19	17,3	37,07	76,0
Piracar I x WP 25	138,9	243,8	8752,8	2,47	1,43	18,1	34,39	79,2
Piracar I x WP 33	104,2	211,0	6974,1	2,26	1,28	16,8	34,61	75,6
WP 17 x WP 24	105,7	224,0	6720,8	1,99	1,09	16,2	33,06	73,6
WP 17 x WP 25	132,5	235,4	7742,5	2,25	1,22	17,8	33,62	78,0
WP 17 x WP 33	105,4	157,2	6244,8	1,90	0,99	15,6	33,16	71,8
WP 24 x WP 25	131,9	297,4	8603,3	2,68	1,53	18,7	35,74	79,8
WP 24 x WP 33	104,3	203,6	7380,0	2,28	1,22	16,9	34,25	75,6
WP 25 x WP 33	130,3	264,4	7068,8	2,45	1,49	17,5	34,80	78,0
Dente Paulista	65,3	292,4	8722,9	2,44	1,42	17,4	34,57	83,2
Dente Paulista SM V	71,9	239,6	7556,7	2,43	1,43	18,0	31,56	81,8
Centralmex	129,7	205,8	7966,3	2,41	1,39	17,4	32,70	80,4
HV 2	128,7	248,8	7390,0	2,55	1,49	17,4	32,72	79,6
H 6999 B	126,4	242,4	9069,9	2,42	1,41	18,2	33,26	82,8
△ 5%	24,74	113,76	1275,42	0,28	0,19	1,46	3,04	3,07
△ 1%	27,85	130,69	1459,71	0,32	0,22	1,68	3,48	3,53

△ : d.m.s. pelo teste de Tukey

Tabela 11. Valores de F e as respectivas significâncias para os caracteres produção de grãos (P), matéria seca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de folhas (NTF), porcentagem de folhas acima da espiga (FAE), e nº de dias para o florescimento (DF), referentes às 15 populações em dialélico. (Análise da variância do dialélico segundo GARDNER e EBERHART (1966); c.g.c. conforme GRIFFING (1956)).

Fonte de variação	P	MS	AF	AP	AE	NTF	FAE	DF
Populações	11,98**	4,66**	22,58**	23,28**	32,54**	19,23**	1,77n.s	29,38**
Varietades (v_j)	31,01**	13,76**	71,63**	77,28**	109,00**	65,25**	2,44n.s	100,83**
Heteroses ($h_{jj'}$)	4,36**	1,02n.s	2,96**	1,66n.s	1,92n.s	0,81n.s	1,51n.s	0,80n.s
Heterose:								
média (\bar{h})	26,53**	4,51*	0,07n.s	1,38n.s	1,85n.s	0,12n.s	1,14n.s	0,02n.s
de variedades (h_j)	3,80**	0,50n.s	1,65n.s	2,62*	1,46n.s	0,65n.s	2,23n.s	0,30n.s
específica ($s_{jj'}$)	0,38n.s	0,74n.s	4,58**	0,97n.s	2,31n.s	1,08n.s	1,01n.s	1,36n.s
c.g.c. (g_j)	19,33**	7,04**	25,07**	48,03**	57,85**	27,08**	2,27n.s	43,36**

c.g.c. : capacidade geral de combinação

n.s.: não significativo

* significativo a 5%

** significativo a 1%

Tabela 12. Valores da heterose expressa em relação à média dos pais (MP) e ao pai de maior média (PM) dos dez híbridos, para os caracteres produção de grãos (P), matéria seca (MS), área foliar (AF), altura da planta (AP) e da espiga (AE), nº total de folhas (NTF), porcentagem de folhas acima da espiga (FAE) e nº de dias para o florescimento (DF).

Híbridos	P		MS		AF		AP		AE		NTF		FAE		DF	
	% rel.	MP	% rel.	MP	% rel.	MP	% rel.	MP	% rel.	MP	% rel.	MP	% rel.	MP	% rel.	MP
Piracar I x WP 17	128	118	119	118	100	94	97	86	100	100	85	91	100	100	100	98
Piracar I x WP 24	106	104	120	103	101	92	101	98	96	93	93	99	106	106	100	100
Piracar I x WP 25	121	104	112	84	107	88	103	96	102	90	93	98	104	99	100	95
Piracar I x WP 33	104	98	123	108	110	109	103	101	108	106	106	101	101	99	101	100
WP 17 x WP 24	118	107	126	107	99	86	97	84	102	85	85	100	95	95	100	97
WP 17 x WP 25	124	99	108	82	99	78	104	88	100	77	103	91	101	96	101	94
WP 17 x WP 33	113	100	92	80	104	99	97	88	98	85	85	101	97	95	99	97
WP 24 x WP 25	114	99	119	103	97	84	108	104	107	96	96	102	108	103	100	96
WP 24 x WP 33	102	98	101	97	104	94	101	96	100	95	102	98	100	98	101	100
WP 25 x WP 33	109	98	109	92	87	71	104	95	108	94	99	90	107	103	99	94
Média Geral	114	102	113	97	101	90	102	94	102	91	100	95	102	99	100	97

Tabela 13. Resultados das análises da variância, blocos ao acaso, relativas aos índices individuais das vinte populações de milho estudadas, 1970-71. (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = n.º total de folhas; FAE = porcentagem de folhas acima da espiga; e DF = n.º de dias para o florescimento).

Fonte de variação	G.L.	Q.M.(P/MS)	Q.M.(P/AF)	Q.M.(P/AP)	Q.M.(P/AE)	Q.M.(P/NTF)	Q.M.(P/FAE)	Q.M.(P/DF)
Repetições	4	0,0881	0,000001	67,8719	407,7534	0,9510	0,0394	0,0164
Tratamentos	19	0,0671**	0,000038**	347,2719**	1257,7091**	5,9869**	2,1517**	0,3262**
Erro	76	0,0116	0,000005	56,2959	198,8568	1,0125	0,3428	0,0530
Total	99							
C.V.%		20,1	14,7	15,3	15,9	15,4	17,6	15,9

** Significativo a 1%.

Tabela 14. Valores médios obtidos para os índices individuais nas vinte populações de milho estudadas, 1970-71. (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = nº total de folhas; FAE = porcentagem de folhas acima da espiga; e DF = nº de dias para o florescimento).

Tratamentos	P/MS g/g	P/AF g/cm ²	P/AP g/m	P/AE g/m	P/NTF g/nº folhas	P/FAE g/% folhas	P/DF g/nº dias
Piracar I	0,6424	0,0148	42,6339	78,9256	5,4571	2,7239	1,2665
WP 17	0,5557	0,0141	46,1142	93,8372	5,3800	2,3103	1,1302
WP 24	0,4718	0,0126	41,7299	77,2656	5,7167	2,8444	1,3012
WP 25	0,4622	0,0134	51,9455	83,9622	6,8461	4,2313	1,6007
WP 33	0,5425	0,0167	49,0277	91,2931	6,7025	3,1377	1,4272
Piracar I x WP 17	0,6408	0,0186	58,2383	109,1262	7,0691	3,2187	1,5271
Piracar I x WP 24	0,4776	0,0142	44,2672	86,3025	5,9364	2,7704	1,3513
Piracar I x WP 25	0,5697	0,0158	56,2348	97,1328	7,6740	4,0389	1,7537
Piracar I x WP 33	0,4938	0,0149	46,1061	81,4062	6,2023	3,0106	1,3783
WP 17 x WP 24	0,4718	0,0157	53,1155	96,9724	6,5246	3,1972	1,4361
WP 17 x WP 25	0,5628	0,0171	58,8888	108,6065	7,4438	3,9411	1,6987
WP 17 x WP 33	0,6704	0,0168	55,4736	106,4646	6,7564	3,1785	1,4679
WP 24 x WP 25	0,4435	0,0153	49,2164	86,2091	7,0534	3,6905	1,6528
WP 24 x WP 33	0,5122	0,0141	45,7456	85,4918	6,1715	3,0452	1,3796
WP 25 x WP 33	0,4928	0,0184	53,1836	87,4496	7,4457	3,7442	1,6705
Dente Paulista	0,2233	0,0074	26,7622	45,9859	3,7528	1,8889	0,7848
Dente Paulista SMV	0,3000	0,0095	29,5884	50,2797	3,9944	2,2782	0,8789
Centralmex	0,6302	0,0162	53,8174	93,3093	7,4540	3,9663	1,6131
HV 2	0,5172	0,0174	50,4705	86,3758	7,3965	3,9333	1,6168
H 6999 B	0,5214	0,0139	52,2314	89,6453	6,9450	3,8003	1,5265
△ 5%	0,25	0,005	17,58	33,04	2,36	1,37	0,54
△ 1%	0,29	0,006	20,20	37,96	2,71	1,58	0,62

▲ : d.m.s. pelo teste de Tukey.

Tabela 15. Valores de F e as respectivas significâncias para os índices individuais. (Análise da variância do dialélio co segundo GARDNER e EBERHART (1966); c.g.c. conforme GRIFFING (1956)) (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = nº total de folhas; FAE = porcentagem de folhas acima da espiga e DF = nº de dias para o florescimento).

Fonte de variação	P/MS	P/AF	P/AP	P/AE	P/NTF	P/FAE	P/DF
Populações	2,22*	3,20**	2,82**	2,63**	2,61**	4,53**	2,97**
Variedades (v_j)	4,70**	3,50**	4,64**	4,71**	4,25**	12,89**	5,84**
Heteroses ($h_{jj'}$)	1,23n.s	3,00**	2,09*	1,80n.s	1,96*	1,19n.s	1,82n.s
Heterose:							
média (\bar{h})	0,01n.s	10,00**	9,82**	7,18**	10,67**	2,00n.s	10,88**
de variedades (h_j)	1,33n.s	2,80*	2,29n.s	2,11n.s	1,84n.s	2,06n.s	1,63n.s
específica ($s_{jj'}$)	1,39n.s	0,80n.s	0,39n.s	0,47n.s	0,32n.s	0,33n.s	0,17n.s
c.g.c. (g_j)	3,75**	3,80**	5,29**	5,47**	3,66**	5,39**	4,50**

c.g.c. : capacidade geral de combinação

n.s. † não significativo

* significativo a 5%

** significativo a 1%

Tabela 16. Valores da heterose expressa em relação à média dos pais (MP) e ao pai de maior média (PM) dos dez híbridos, para os índices individuais. (P = produção de grãos; MS = matéria seca; AF = área foliar; AP = altura da planta; AE = altura da espiga; NTF = nº total de folhas; FAE = porcentagem de folhas acima da espiga; e DF = nº de dias para o florescimento).

Híbridos	P/MS % rel.		P/AF % rel.		P/AP % rel.		P/AE % rel.		P/NTF % rel.		P/FAE % rel.		P/DF % rel.	
	MP	PM	MP	PM	MP	PM	MP	PM	MP	PM	MP	PM	MP	PM
Piracar I x WP 17	107	100	128	126	131	126	126	116	130	129	123	111	127	120
Piracar I x WP 24	86	74	104	96	105	104	110	109	106	104	98	97	105	104
Piracar I x WP 25	103	89	112	107	119	108	119	116	125	112	112	92	122	109
Piracar I x WP 33	83	77	94	89	101	94	96	89	102	92	96	85	102	96
WP 17 x WP 24	92	85	117	111	121	115	113	103	117	114	124	112	118	111
WP 17 x WP 25	110	101	124	121	120	113	122	116	122	109	118	90	124	106
WP 17 x WP 33	122	120	109	101	117	113	115	113	112	101	106	86	115	103
WP 24 x WP 25	95	94	113	114	105	95	107	103	112	104	105	87	114	103
WP 24 x WP 33	101	94	96	84	101	93	101	94	99	92	95	84	101	96
WP 25 x WP 33	98	91	122	110	105	102	100	96	111	109	93	86	110	104
Média Geral	100	92	112	106	112	106	111	106	114	107	107	93	114	105

Tabela 17. Valores da produção estandardizada de grãos por planta (W_j), índice geral (I_j) e eficiência (E_j), das vinte populações de milho estudadas.

Tratamentos	Prod. standardizada ⁺ (W_j)	Índice geral (I_j)	Eficiência (E_j)
Piracar I	-0,6922	-0,5585	-0,1337
WP 17	-1,3873	-1,5927	0,2054
WP 24	-0,5325	0,0778	-0,6104
WP 25	1,0923	1,3494	-0,2371
WP 33	-0,2038	-0,7764	0,5726
Piracar I x WP 17	0,1014	-1,0118	1,1132
Piracar I x WP 24	-0,3541	0,1144	-0,4685
Piracar I x WP 25	1,3459	0,6956	0,6503
Piracar I x WP 33	-0,2836	-0,2081	-0,0754
WP 17 x WP 24	-0,2132	-0,6559	0,4427
WP 17 x WP 25	1,0454	0,1324	0,9130
WP 17 x WP 33	-0,2273	-1,3302	1,1029
WP 24 x WP 25	1,0172	1,3514	-0,3342
WP 24 x WP 33	-0,2789	-0,2216	-0,0573
WP 25 x WP 33	0,9421	0,4809	0,4612
Dente Paulista	-2,1105	0,8884	-2,9989
Dente Paulista SMV	-1,8006	0,2320	-2,0326
Centralmex	0,9139	0,0509	0,8630
HV 2	0,8669	0,3188	0,5481
H 6999 B	0,7589	0,6660	0,0929

+ Para obter a produção em Kg/ha (33.333 plantas) usar a transformação:
(709,75 W_j + 3674,63).

Tabela 18. Análise da variância relativa à eficiência das 15 populações de milho em dialélico (Análise segundo GARDNER e EBERHART (1966) e GRIFFING (1956)).

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Populações	14	4,4401	0,3171	2,66**
Variedades (v_j)	4	2,5024	0,6256	5,24**
Heteroses (h_{jj})	10	1,9378	0,1937	1,62n.s.
Heterose:				
média (\bar{h})	1	0,5752	0,5752	4,68*
de variedades (h_j)	4	1,0021	0,2505	2,10n.s.
específica (s_{jjt})	5	0,3603	0,0720	0,60n.s.
c.g.c. (g_j)	4	2,6960	0,6740	5,65**
Erro	76	-	0,1193	-

c.g.c.: capacidade geral de combinação

n.s.: não significativo

* significativo a 5%

** significativo a 1%

Tabela 19. Eficiência média das cinco variedades e dos dez híbridos, e as respectivas estimativas de capacidade geral de combinação das variedades.

Eficiências médias (E)	
Variedades	- 0,0406
Híbridos	0,3748
Capacidade geral de combinação das variedades (g)	
Piracar I	- 0,0932
WP 17	0,6503
WP 24	- 0,6388
WP 25	0,2602
WP 33	- 0,0226

Tabela 20. Estimativas da produção estandardizada de grãos e da eficiência para os diferentes compostos possíveis de serem formados a partir das cinco variedades estudadas.

Compostos	Produção de grãos ⁺ estandardizada	Eficiência
Piracar I, WP 17	- 0,4692	0,5745
Piracar I, WP 24	- 0,4832	- 0,4203
Piracar I, WP 25	0,7730	0,2324
Piracar I, WP 33	- 0,3658	0,0720
WP 17, WP 24	- 0,5865	0,1201
WP 17, WP 25	0,4490	0,4486
WP 17, WP 33	- 0,5114	0,7459
WP 24, WP 25	0,6485	- 0,3790
WP 24, WP 33	- 0,3235	- 0,0381
WP 25, WP 33	0,6932	0,3144
Piracar I, WP 17, WP 24	- 0,3938	0,1818
Piracar I, WP 17, WP 25	0,4442	0,5764
Piracar I, WP 17, WP 33	- 0,3447	0,5473
Piracar I, WP 24, WP 25	0,4317	- 0,1429
Piracar I, WP 24, WP 33	- 0,3624	- 0,1526
Piracar I, WP 25, WP 33	0,4672	0,2527
WP 17, WP 24, WP 25	0,3190	0,1556
WP 17, WP 24, WP 33	- 0,3958	0,3494
WP 17, WP 25, WP 33	0,3357	0,6105
WP 24, WP 25, WP 33	0,4130	- 0,0150
Piracar I, WP 17, WP 24, WP 25	0,2728	0,2411
Piracar I, WP 17, WP 24, WP 33	- 0,3329	0,2593
Piracar I, WP 17, WP 25, WP 33	0,2910	0,5461
Piracar I, WP 24, WP 25, WP 33	0,2776	- 0,0035
WP 17, WP 24, WP 25, WP 33	0,2212	0,3117
Piracar I, WP 17, WP 24, WP 25, WP 33	0,1786	0,2917

⁺ Para obter a produção em Kg/ha (33.333 plantas) usar a transformação:
 $[709,75 (\text{prod. grãos estandardizada}) + 3674,63]$.

F I G U R A S

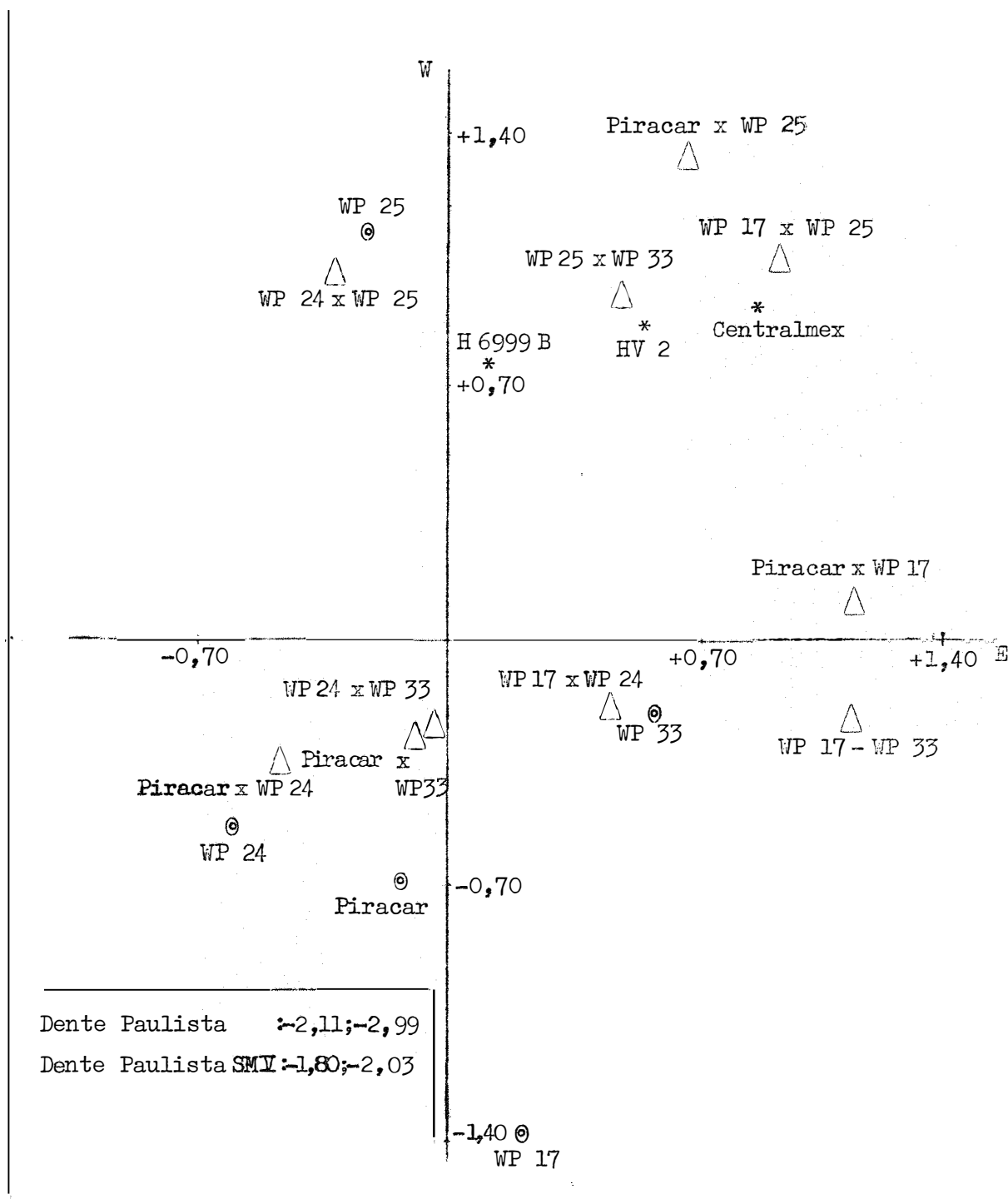


Figura 1. Gráfico comparativo da produção de grãos por planta estandardizada (W) e eficiência (E), dos dez híbridos, as respectivas populações parentais e as cinco testemunhas.

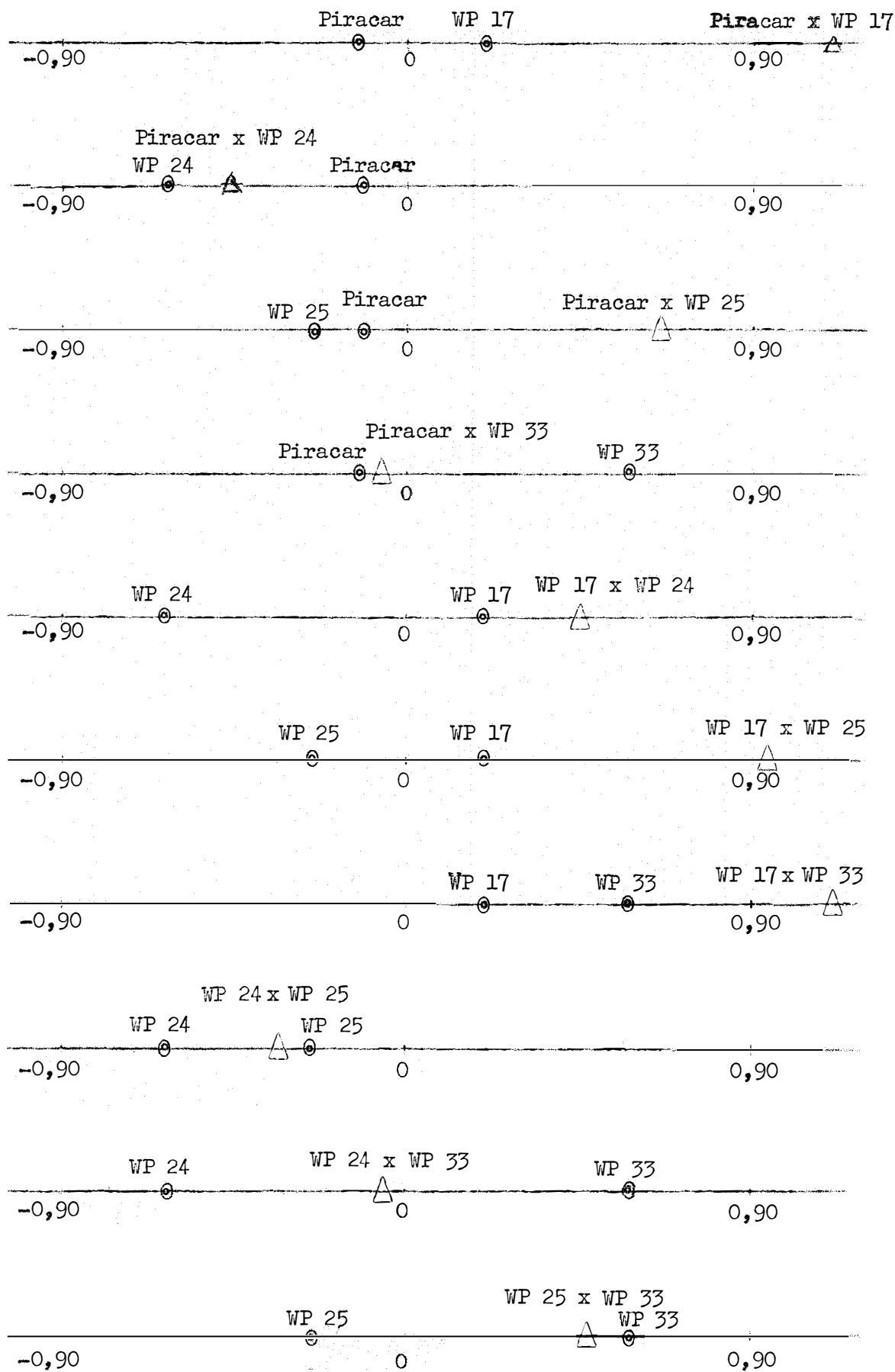


Figura 2. Gráfico representativo da eficiência (E) dos híbridos e das respectivas populações parentais.

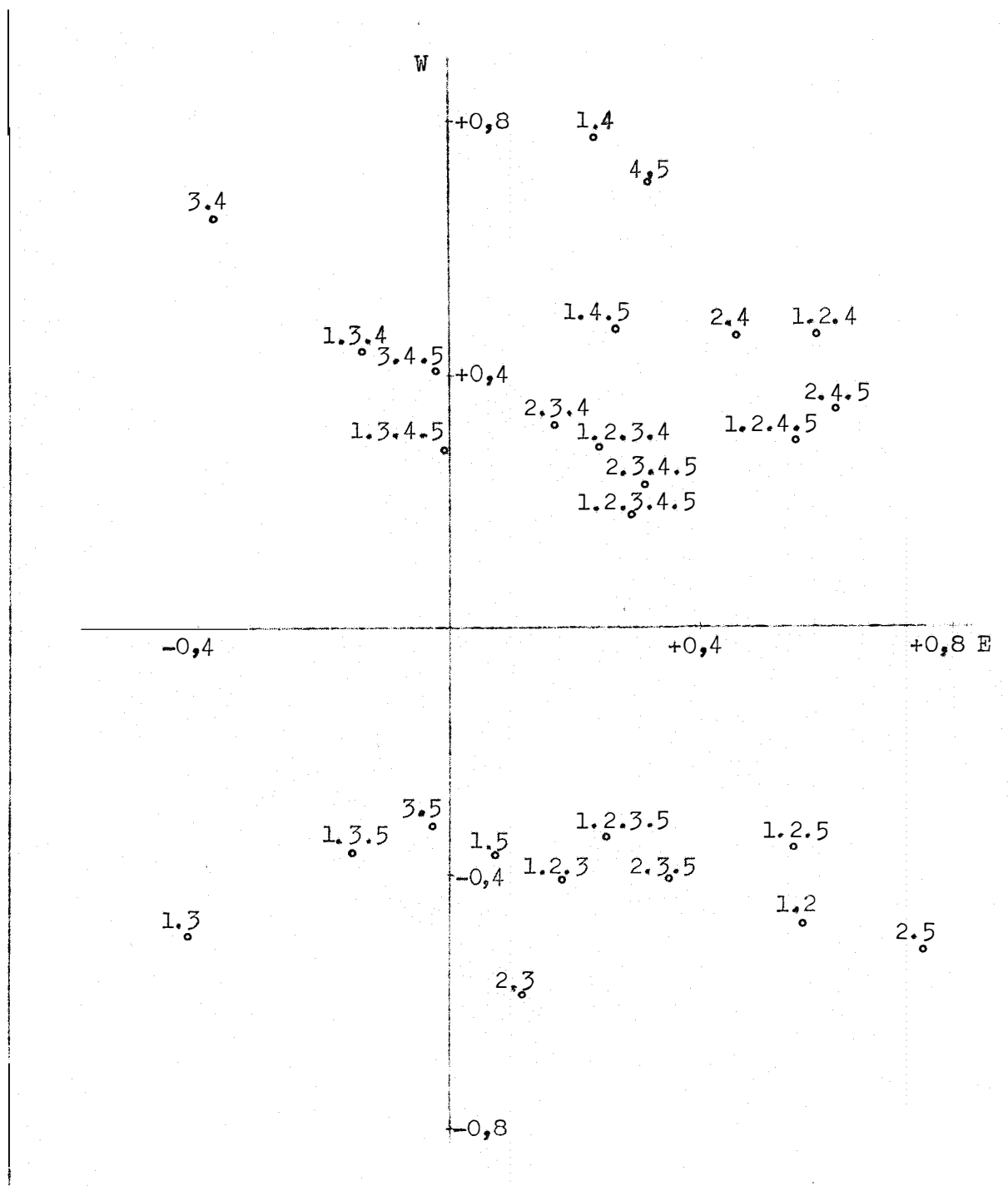


Figura 3. Comparação das estimativas da produção de grãos estandardizada (W) e da eficiência (E) dos possíveis compostos, formados a partir das variedades Piracar I (1), WP 17 (2), WP 24 (3) WP 25 (4) WP 33 (5).