HETEROSE E ENDOGAMIA EM CARACTERES DO SISTEMA RADICULAR DE PLANTAS JOVENS DE MILHO (*Zea mays* L.) BRAQUÍTICO

ANA CRISTINA VELLO
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof.^a Dr.^a MARIA RUTH BUZZATO ALLEONI

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio, 1984

Aos meus pais, *Ovidio e Zelinda*

A minha irmã, *Celia*

OFEREÇO

Ao *Jorge Loyola*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Expressamos os nossos agradecimentos a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho e, de maneira especial, às seguintes pessoas e instituições:

- Prof.^a Dr.^a Maria Ruth Buzzato Alleoni, pela orientação e confiança durante o decorrer do curso.

- Professores Dr. Natal Antonio Vello, Dr. José Branco de Miranda Filho e Dr. Cláudio Lopes de Souza Júnior pelas valiosas sugestões apresentadas.

- Prof. Dr. Ernesto Paterniani pela atenção dispensada quando Diretor do Instituto de Genética.

- Prof. Dr. João Lúcio de Azevedo pelas facilidades concedidas como Diretor do Instituto de Genética.

- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de estudo concedida.

- Docentes do Departamento e Instituto de Genética pela atenção e ensinamentos recebidos.

- Funcionários do Departamento e Instituto de Genética pela dedicação e serviços prestados.

- Eng.^a Agr.^a Ângela Maria Maluf, Eng.^a Agr.^a Maria Lídia Stipp Paterniani e Eng.^o Agr.^o Jorge Luiz Loyola Dantas pela amizade e estímulo com que colaboraram na coleta de dados.

- Amigos e colegas de estudo pelo companheirismo de todas as horas.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vi
SUMMARY	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Desenvolvimento do Sistema Radicular da Planta de Milho	3
2.2. Metodologias Utilizadas no Estudo do Sistema Radicular em Milho	7
2.3. Estudos Relacionando o Sistema Radicular com Caracteres Agronômicos	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Material	18
3.2. Métodos	20
3.2.1. Execução experimental	20
3.2.1.1. Estudo da heterose	20
3.2.1.2. Estudo da endogamia	22
3.2.2. Análise estatística	23
3.2.2.1. Identificação dos caracteres avaliados	23
3.2.2.2. Heterose	24
3.2.2.3. Endogamia	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1. Desenvolvimento Experimental	32
4.2. Estudo de Heterose	34

4.2.1. Comportamento e potencial heterótico do material	34
4.2.2. Avaliação do material com base no modelo de GARDNER e EBERHART (1966)	36
4.3. Estudo de Endogamia	38
4.4. Considerações Gerais	40
5. CONCLUSÕES	45
LITERATURA CITADA	47
TABELAS	56
APÊNDICES	82

HETEROSE E ENDOGAMIA EM CARACTERES DO SISTEMA RADICULAR
DE PLANTAS JOVENS DE MILHO (*Zea mays* L.) BRAQUÍTICO

Ana Cristina Vello

Orientador: Prof^a Dr^a Maria Ruth Buzzato Álleoni

RESUMO

Os estudos com sistema radicular em milho tem sido negligenciados pela maioria dos pesquisadores, principalmente pelas dificuldades de avaliação inerentes aos próprios caracteres. Mais recentemente, o comportamento das raízes tem recebido alguma atenção por parte dos melhoristas, frente às evidências de correlações importantes entre sistema radicular e caracteres agronômicos.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos heteróticos e endogâmicos exibidos por caracteres do sistema radicular em plantas jovens de milho braquítico. Foram utilizadas seis variedades de milho em cruzamentos dialélicos para estudo da heterose, e cinco dessas populações foram submetidas a uma geração de autofecundação avaliando-se a depressão causada por endogamia.

Os experimentos foram conduzidos sob condições de casa de vegetação no Departamento de Genética, ESALQ-USP, nos meses de janeiro/fevereiro, março/abril e novembro/dezembro de 1982, em que as temperaturas médias ambientes foram de 24,1; 22,8 e 23,1°C, respectivamente.

A semeadura foi feita em sacos plásticos individuais contendo areia lavada, irrigados com solução nutritiva. Aos 28 dias pós-plantio as plantas foram coletadas e submetidas a contagem do número de raízes. Após secagem do material em estufa a 70°C até obtenção de peso constante, tomou-se os dados referentes a peso. Foram avaliados os caracteres: peso total da planta (PTP), peso da parte aérea (PPA), peso total das raízes (PTR), peso das raízes seminais (PRS), peso das raízes nodais (PRN), número total de raízes (NTR), número de raízes seminais (NRS), número de raízes nodais (NRN) e porcentagem de raízes seminais (% RS).

A análise dos dados permitiu concluir que:

- a metodologia utilizada para avaliação dos caracteres das raízes com plantio em areia lavada e solução nutritiva permitiu a discriminação de diferenças entre genótipos.
- as variedades de milho braquítico avaliadas apresentam variabilidade para os caracteres do sistema radicular.
- não foi possível definir tendências na manifestação dos efeitos heterótico e endogâmico dos caracteres avaliados. A ocorrência in frequente e aleatória para heterose e depressão por endogamia, constituiu-se em evidência favorável à predominância de efeitos aditivos controlando a herança dos caracteres do sistema radicular em plantas jovens de milho braquítico.

HETEROSIS AND INBREEDING IN CHARACTERS OF ROOT SYSTEM OF
YOUNG PLANTS OF BRACHYTIC MAIZE (*Zea mays* L.)

Ana Cristina Vello

Adviser: Prof.Dr. Maria Ruth Buzzato Alleoni

SUMMARY

Studies on root system of maize, have been neglected by the most of researches mainly due to the difficulties inherent to the evaluation of the characters related to it. More recently, plant breeders have been paying more attention to the root system performance, because of the important correlations between this character and the agronomic ones.

The purpose of this work was to evaluate heterotic effects as well as the effects of inbreeding present in root system traits of young plants of brachytic maize. Six varieties were used in diallel crosses for heterosis studies and five of these populations were self-pollinated for one generations in order to evaluating inbreeding depression.

The experiments were carried out under greenhouse conditions at the "Departamento de Genética", ESALQ-USP in January/February, March/April and November/December periods, in 1982. The environmental average temperatures were 24.1; 22,8 and 23.1°C, respectively.

The plants were grown individually in plastic bag, in sand culture. A nutrient solution was added to each bag every other day.

Twenty eight days after planting, the plants were removed the bags, their root were counted and the materials were dried to constant weight. The characters evaluated were: total plant weight, aerial part weight, total root weight, seminal root weight, nodal root weight, total root number, seminal root number, nodal root number and percentage of seminal roots.

Based on data collected it can be concluded that:

- the use of the sand culture methodologies coupled with nutrient solution application made it possible to detect differences among genotypes;
- maize brachytic varieties evaluated showed variability for root system characters studied;
- It was not possible to define a general trend on the expression of heterotic and inbreeding effects related to the characters under investigation. The low frequency and the random occurrence of both heterosis and depression inbreeding constitute favorable evidence of the predominance of additive effects on the control of the inheritance of root system characters in young plants of brachytic maize.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados à planta de milho tem evoluído de forma contínua desde sua domesticação, podendo-se constatar atualmente, um notável progresso em termos genéticos e citogenéticos.

Os melhoristas tem desenvolvido muitas técnicas visando aumentar a produção dos materiais comerciais, mas na maioria das vezes, pouca ou nenhuma atenção é dada ao sistema radicular, estando o conhecimento sobre essa parte da planta em estágios iniciais, frente às inúmeras informações relativas à parte aérea.

Com os recentes progressos conseguidos no campo da morfologia e fisiologia vegetal, tem-se proposto uma nova filosofia de melhoramento de plantas, com a criação de ideótipos, assumindo-se a existência de fortes associações genéticas entre rendimento de grãos e outras características de interesse. Dentro dessa filosofia inclui-se o sistema radicular, relacionado a importantes aspectos do desenvolvimento da cultura do milho. A necessidade de plantas resistentes ao acamamento tornou-se de grande importância, especialmente após o advento da colheita mecanizada. Essa característica, aliada a muitos outros fatores do ambiente, está relacionada ao vigor do sistema radicular.

Os danos causados pela praga *Diabrotica* sp. constituem sérios problemas para a cultura do milho nos Estados Unidos. O estudo dos caracteres do sistema radicular, bem como o seu potencial de tolerância à praga, tem levado os melhoristas a se preocuparem com a seleção de materiais com tipos superiores de raízes.

Relacionados ainda ao vigor das raízes encontram-se a resistência à seca e a tolerância aos elementos tóxicos do solo, tais como alumínio e manganês. Os genótipos portadores de sistema radicular vigoroso possuem grande potencial para cultivo em áreas problemáticas.

Apesar do interesse que um sistema radicular vigoroso possa apresentar para o bom desenvolvimento da cultura, seu estudo tem sido negligenciado, certamente pelas dificuldades existentes para remoção das raízes do complexo de solo e posterior avaliação do material. A elaboração de técnicas apropriadas e a construção de aparelhos adequados tem sido propostos para análise dos caracteres do sistema radicular, aumentando as possibilidades de exploração da grande variabilidade apresentada pelas populações de milho.

Na tentativa de se conhecer as bases genéticas dos caracteres do sistema radicular, esse trabalho tem por objetivos avaliar:

a) a heterose manifestada em cruzamentos intervarietais envolvendo seis populações braquíticas de milho, através da metodologia proposta por GARDNER e EBERHART (1966), que permite o estudo das variedades "per se" e quanto ao seu potencial heterótico;

b) a depressão causada por endogamia em cinco populações braquíticas após uma geração de autofecundação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão procura relatar, de maneira mais geral, os estudos realizados com o sistema radicular do milho, na tentativa de se conhecer aspectos que possam contribuir, mesmo indiretamente, para os objetivos do presente estudo.

Os trabalhos revistos na literatura foram classificados didaticamente em três grupos: primeiramente aqueles relacionados ao desenvolvimento do sistema radicular da planta de milho; a seguir reuniu-se os trabalhos referentes às metodologias utilizadas no estudo do sistema radicular em milho; finalmente foram agrupados os estudos relacionando o sistema radicular com caracteres agronômicos.

2.1. Desenvolvimento do Sistema Radicular da Planta de Milho

O sistema radicular em milho é típico das gramíneas, apresentando uma peculiaridade na sua formação: com a germinação, a semente produz várias raízes primárias cujo conjunto é geralmente denominado de raízes seminais. Essas raízes são temporárias e sua função consiste em

fornecer água e nutrientes à planta jovem. À medida que a planta se desenvolve, vão surgindo raízes adventícias localizadas do 6º ao 10º nó, cuja distribuição é muito próxima. Essas raízes, também chamadas raízes nodais, são responsáveis pela absorção de nutrientes através das raízes capilares unicelulares das porções recém-diferenciadas de todas as raízes laterais. Entre as raízes adventícias estão aquelas que surgem em nós mais elevados do colmo, conhecidas por raízes suportes ou aéreas, as quais ajudam na sustentação da planta (GOODMAN e SMITH, 1978).

De acordo com Kiesselback, as raízes podem alcançar de 1,5 a 3,0 metros de comprimento, dependendo das condições de pH, compactação e umidade do solo (GOODMAN e SMITH, 1978).

Existe uma ampla variação de conformações do sistema radicular em milho, e os autores utilizam termos diversos para designar um mesmo tipo de raiz.

Em algumas variedades o embrião só produz uma raiz denominada normalmente de radícula (ou raiz seminal primária). COLLINS. (1914) observou que em variedades da raça "Pueblo" somente essa raiz é produzida, enquanto que nas variedades comumente cultivadas no continente americano, surgem de duas a seis raízes denominadas raízes seminais secundárias, que apesar de aparecerem depois da radícula, normalmente se igualam a ela ou a excedem em tamanho. Variação semelhante foi observada por WIGGANS (1916) estudando número de raízes temporárias (ou raízes seminais secundárias) em milho dos tipos dentado e duro. Com maior frequência, milhos do tipo dentado, apresentaram quatro raízes, diferindo dos tipos duro que mostraram uma raiz na maioria dos casos.

Do ponto de vista puramente genético, MIRANDA (1980) estudou a ausência de raízes seminais secundárias em milhos "Pueblo" sugerindo que, dependendo das condições ambientes ou do patrimônio genético, esse caráter segrega como um gene dominante ou como um par de genes dominantes complementares.

JENKINS (1930) identificou um gene recessivo chamado de "rootless" (rt), responsável pela limitação do sistema radicular. Plantas normais e "rootless" cultivadas em casa de vegetação mostraram o mesmo número de raízes seminais, mas diferiram amplamente no número de raízes nodais.

SMITH e WALWORTH (1926) relataram que dentro de uma única variedade é possível observar variabilidade para os caracteres do sistema radicular, em grau de magnitude semelhante ao que se observa entre variedades diferentes. MANGELSDORF e GOODSELL (1929) identificaram variações no número de raízes seminais de acordo com a posição da semente na espiga, com a temperatura, umidade e provavelmente com outros fatores, tais como luz e oxigênio.

A distribuição das raízes no solo foi objeto de estudo de alguns pesquisadores. WEIHING (1935) elaborou um amplo estudo em que comparou milhos classificados em três grupos vegetativos: baixo, médio e alto, verificando um aumento na extensão das raízes com o porte da planta. Outros caracteres como número de raízes funcionais, diâmetro e volume de raízes tiveram comportamento semelhante.

Avaliando linhagens e híbridos, SPENCER (1940) constatou uma distribuição predominantemente horizontal da radícula e raízes seminais

secundárias. Com três a quatro semanas pós-plantio, o desenvolvimento das raízes nodais alcançou a maioria das raízes seminais. A partir desta fase, as raízes nodais aumentaram significativamente em número, tamanho e função, alcançando pesos 25 vezes superiores aos das raízes seminais, com seis semanas pós-plantio.

Menor atenção tem sido dada ao desenvolvimento sazonal do sistema radicular. O trabalho realizado por WEIHING (1935) mostrou que a profundidade de penetração das raízes pode aumentar depois do pendoamento, ou seja, com 19 semanas de idade, em variedades de porte alto. Essa observação difere daquela efetuada por Bensin (SPENCER, 1940), que encontrou máxima dispersão do sistema radicular na fase de pendoamento. O próprio SPENCER (1940) ao avaliar várias linhagens, verificou que cinco delas apresentaram máximo peso seco de raízes na fase de aparecimento do estilo-estigma. MENGEL e BARBER (1974) relataram máximo desenvolvimento de raízes logo após o florescimento.

A relação entre desenvolvimento da parte aérea e das raízes tem sido verificada por alguns autores, na tentativa de caracterizar tipos varietais. WEIHING (1935) utilizando os materiais classificados em baixos, médios e altos, mostrou que a rapidez do crescimento radicular e da parte aérea foi aproximadamente igual para todos os tipos até o aparecimento dos pendões nas variedades baixas. Depois disso os tipos médios e altos continuaram a apresentar crescimento vigoroso até a ocorrência de pendões nos tipos médios, quando o desenvolvimento dos tipos altos foi superior. Esse resultado é uma indicação de associação entre o crescimento da parte aérea e raízes.

SPENCER (1940) observou diferenças significativas para a relação parte aérea-raízes, encontrando valores de 2:1 para linhagens com duas semanas de desenvolvimento, e uma variação de 15:1 a 23:1 para observações realizadas com 15 semanas pós-plantio.

Comportamento geral sobre as alterações da relação parte aérea-raízes durante as fases de desenvolvimento foi apresentada por FOTH (1962). O autor verificou inicialmente rápido desenvolvimento de ambas as partes da planta. Em seguida, a parte aérea mostrou desenvolvimento mais vigoroso causando aumento da relação. O período seguinte foi caracterizado por extensivo aparecimento de raízes suportes causando redução nos valores e, finalmente, a produção de grãos, ocorrendo após cessar o crescimento das raízes, marcou novo aumento na razão parte aérea-raízes.

2.2. Metodologias Utilizadas no Estudo do Sistema Radicular em Milho

As dificuldades existentes para o estudo do sistema radicular tem limitado as observações sobre essa parte da planta, na maioria das culturas. No entanto, sabe-se que existe grande variabilidade para as raízes em milho, avaliadas por diferentes metodologias em plantas jovens e adultas, em condições de campo ou em casa de vegetação.

HOLBERT e KOEHLER (1924) verificaram diferenças fundamentais entre raízes de linhagens de milho e descreveram um sistema para medir a resistência de plantas adultas (plantas maduras, mas com o caule ainda verde) ao arrancamento, onde a força necessária para se arrancar verticalmente a planta do solo é computada num tensiômetro. ZUBER (1968) relatou que a melhor fase para a coleta das plantas foi no período entre

o florescimento e a maturidade fisiológica.

Diversos pesquisadores tem observado a relação existente entre o vigor do sistema radicular e a resistência ao arrancamento, utilizando esse critério na seleção de tipos mais vigorosos em programas de melhoramento (ORTMAN *et alii*, 1968; ROGERS *et alii*, 1976; JENISON *et alii*, 1981; ARIHARA e CROSBIE, 1982, e outros).

Para determinar o volume de raízes, MUSICK *et alii* (1965) utilizaram um dispositivo capaz de detectar diferenças através do volume de água deslocado pelo sistema radicular. Esse método tem sido usado como um bom indicador do potencial de resistência ao acamamento de raízes em condições de campo.

Soluções nutritivas servindo como substrato podem ser um método para se estudar o crescimento dinâmico das raízes e são especialmente úteis para delinear o desenvolvimento de plantas individuais (ROWE e ANDREW, 1960). Com base nisso, ANDREW (1966) sugeriu a utilização da medida volumétrica das raízes "in vivo", onde as plantas seriam cultivadas em solução nutritiva. Experimentos realizados em casa de vegetação e em condições de campo mostraram correlações significativas entre volume e peso de raízes nos dois ambientes, indicando o valor do cultivo em solução nutritiva pela rapidez e precisão das medidas.

THOMPSON (1968) tomou torrão de raízes (consistindo da base da planta, das raízes e do solo aderido a elas) para avaliar o sistema radicular em milho. Através de uma classificação visual em escala de 1 (menor) a 5 (maior), o autor verificou haver correlação altamente

significativa entre essa avaliação e o peso dos torrões ($r = 0,92^{**}$). Da mesma forma, o método mostrou-se negativamente correlacionado com acamamento de raízes, de caule e acamamento total com valores de coeficiente de correlação iguais a $-0,59^{**}$; $-0,58^{**}$ e $-0,78^{**}$, respectivamente.

A avaliação do torrão de raízes parece ser um método eficiente e relativamente fácil para estudo da influência das raízes na resistência ao acamamento em milho. ZUBER (1968) verificou uma correlação altamente significativa entre resistência ao arrancamento e a pesagem do torrão de raiz, sendo que este permitiu a avaliação de grande número de progênies, aspecto importante para o melhoramento.

NAGEL (1973) através de processo semelhante, em que a coleta foi feita por um cavador acoplado a um trator, avaliou o sistema radicular através da classificação visual do tipo de raiz, número de raízes nodais e seminais, salientando a utilização da metodologia para seleção de tipos vigorosos.

Outro método utilizado foi proposto por NASS e ZUBER (1971), onde os genótipos são cultivados em casa de vegetação, em substrato de areia, irrigados com solução nutritiva e avaliados em fase precoce de desenvolvimento. Nas avaliações realizadas aos 28 e 35 dias pós-plantio, os autores verificaram haver correlações significativas entre os caracteres peso e volume de raízes e peso de raízes nodais com os métodos do peso do torrão de raízes e resistência ao arrancamento.

Os resultados sugeriram que peso total de raízes, peso de raízes nodais e porcentagem de raízes seminais, quando medidos em fase inicial de desenvolvimento, foram bons indicadores do vigor do sistema

radicular na maturidade. Utilizando essa metodologia, ARAÚJO (1975) salientou que o volume de raízes demonstrou ser a melhor característica para estimação do vigor do sistema radicular na fase de planta adulta, principalmente devido à facilidade de avaliação. A eficiência do método ficou ainda evidenciada pelo cultivo em areia, que facilitou a remoção do sistema radicular, reduzindo as quebras de raízes e aproximando-se das condições físicas de cultivo em solo.

2.3. Estudos Relacionando o Sistema Radicular com Caracteres Agronômicos

As informações existentes na literatura mostram a importância de um maior número de estudos relacionados ao sistema radicular em milho, e o interesse dos pesquisadores sobre essa parte da planta na busca de genótipos, em especial, tolerantes a doenças e pragas de raízes, resistentes ao acamamento e à seca e com tolerância ao alumínio tóxico do solo.

O conhecimento sobre o desenvolvimento do sistema radicular e sua relação com a parte aérea são de interesse do ponto de vista agronômico, genético e fisiológico. Um sistema radicular mais vigoroso deve, aparentemente, ser mais eficiente na absorção de nutrientes e de água no solo, com influência direta sobre a produtividade.

Muitos melhoristas de milho tem recorrido às várias técnicas existentes para medir o vigor ou tipo de raízes visando a prática de seleção. A quantificação das relações entre raízes e caracteres agronômicos, bem como a variabilidade disponível, constituem excelentes ferramentas auxiliares para o melhoramento.

MISRA (1956) com base em experimentos realizados em casa de vegetação inferiu que a capacidade de uma variedade desenvolver rapidamente um sistema radicular nas fases precoces do desenvolvimento é um ponto importante para a resistência da planta à seca.

Para avaliação da tolerância ao alumínio tóxico, GARCIA JR. *et alii* (1979) verificaram que o comportamento relativo da radícula e a classificação visual do sistema radicular cultivado em areia com 75 ppm de Al, constituem métodos eficientes para identificação de genótipos de milho tolerantes.

Diversos pesquisadores têm utilizado a resistência vertical ao arrancamento para medir o vigor das raízes, pois genótipos com extensivos sistemas radiculares exibem grande resistência ao acamamento e maior tolerância à broca da raiz causada por *Diabrotica* sp. (HOLBERT e KOEHLER, 1924; HAYES e JOHNSON, 1939; OWENS *et alii*, 1974; ROGERS *et alii*, 1977; JENISON *et alii*, 1981 e outros).

Estudos realizados por HOLBERT e KOEHLER (1924) utilizando linhagens com cinco e seis gerações de autofecundação e os híbridos F₁ entre elas, mostraram que as linhagens previamente classificadas como resistentes a doenças de raiz e folha e com capacidade das plantas de se manterem em posição ereta sob condições adversas, apresentaram maior resistência ao arrancamento que aquelas consideradas suscetíveis e com grande índice de acamamento. Observações histológicas mostraram raízes das linhagens resistentes com traqueídeos largos e células medulares maiores, em contraste aos traqueídeos pequenos e células nodulares reduzidas das linhagens suscetíveis.

A relação entre resistência ao arrancamento e acamamento foi também verificada por Koehler *et alii*, citados por SPENCER (1940) onde linhagens com capacidade de manter as plantas eretas, apresentaram um sistema radicular duas vezes maior que linhagens com alto grau de acamamento.

Outros pesquisadores tem relatado a natureza herdável da resistência ao acamamento, indicando que essa característica pode ser alterada por processos de seleção. Assim, PETERS *et alii* (1982) verificaram que efeitos genéticos aditivos e não aditivos contribuíram significativamente para a expressão da resistência ao arrancamento. Esse caráter apresentou coeficiente de herdabilidade de 56% e 42% em plântulas de ciclos C_0 e C_8 , respectivamente, provenientes de 90 linhas S_1 selecionadas para alta e baixa resistência ao arrancamento na maturidade (ARIHARA e CROSBIE, 1982).

PENNY (1981) conduziu estudos para determinar a relação entre linhagens e seus cruzamentos testes com duas linhas puras, baseando-se na resistência ao arrancamento. As diferenças observadas para as 33 linhagens avaliadas em quatro ambientes e em duas fases de crescimento (pendoamento e grão leitoso) foram transmitidas aos cruzamentos testes, porém com menor magnitude. O autor concluiu que as diferenças manifestadas pelas linhagens podem ser utilizadas para predizer o comportamento das mesmas em cruzamentos.

No entanto, ARIHARA e CROSBIE (1982) em seus estudos, verificaram que tal critério seria limitado para o melhoramento de genótipos com sistema radicular vigoroso, devido às baixas correlações genotípicas (menores que 0,33) encontradas entre resistência ao arrancamento

de plântulas e de plantas adultas, e de plântulas e acamamento. Salientaram que seleção para alta e baixa resistência ao arrancamento seria mais efetiva para descartar linhas suscetíveis ao acamamento, do que para identificar genótipos resistentes.

A efetividade da seleção depende da estabilidade da característica num conjunto de ambientes. ZUBER (1968) encontrou correlações altamente positivas para resistência ao arrancamento de 40 genótipos entre locais e anos, na presença e ausência do agente causador de broca de raiz, sugerindo que seleção baseada nessa característica, poderia ser feita em presença ou ausência de *Diabrotica* sp.

JENISON *et alii* (1981) verificaram correlações semelhantes para 44 linhagens de milho avaliadas para resistência ao arrancamento em duas fases de desenvolvimento (início de pendramento e fase de grão leitoso), confirmando a possibilidade de seleção em várias etapas de crescimento.

Embora tenham sido observadas interações do ambiente com híbridos (PETERS *et alii*, 1982), a magnitude dessas interações foi pequena e poderia ser esperada uma boa resposta no comportamento do híbrido em ambientes diversos.

CRAIG (1968), partindo da indicação de que para igual resistência ao acamamento, linhagens mais altas requerem sistema radicular mais vigoroso que linhagens mais baixas, realizou dois ciclos de seleção com base na relação entre altura da planta e resistência ao arrancamento em uma população sintética de milho. Os dados mostraram, para os dois ciclos, um progresso de 34% no vigor das raízes, sem alteração na altura da planta ou produção de grãos. A manutenção da variabilidade para o

caráter do sistema radicular indicou que seleção posterior poderia resultar em progresso.

ROGERS *et alii* (1977) avaliaram progênies S_1 de milhos sintéticos para características indicativas de tolerância à broca da raiz, como porcentagem de acamamento de raiz, dano causado pela broca, tamanho de raiz e desenvolvimento de raízes secundárias. Os autores estimaram a variância genética, herdabilidade e correlação entre caracteres, pre-dizendo o progresso genético possível com seleção baseada em caráter simples ou em índice de seleção. Verificou-se que, na ausência de broca de raiz a seleção indireta, baseada num índice entre tamanho do sistema radicular e desenvolvimento de raízes secundárias seria mais eficiente para redução de acamamento de raiz.

Outras características, além da resistência ao arrancamento, podem ser relacionadas ao acamamento em plantas adultas. WILSON (1930) verificou que o número de raízes aéreas foi importante na redução do acamamento. PEREIRA *et alii* (1977) encontraram correlações negativas significativas entre número de plantas acamadas e número de raízes nodais, concordando com os resultados de ANDREW e SOLANKI (1966) e NASS e ZUBER (1971). Correlações negativas foram também relatadas entre vigor de raízes e acamamento ($r = -0,53$) para a população BS_1 de milho por ROGERS *et alii* (1977).

Trabalho realizado por VELLO e ALLEONI (1979) utilizando o coeficiente de correlação múltipla (R^2) entre caracteres do sistema radicular avaliados aos 28 dias e acamamento na maturidade, indicou que peso de raízes nodais foi responsável por 11,6% na variação do acamamento.

Os caracteres porcentagem e número de raízes seminais e número total de raízes, contribuíram com 2,83; 4,86 e 11,86%, respectivamente.

Muito pouco é conhecido sobre a relação entre caracteres do sistema radicular e produção de grãos, e as informações não são consis-
tentes nos trabalhos relatados.

SMITH e WALWORTH (1926) encontraram grande variação no número de raízes seminais em variedades de milho dentado, relacionando uma maior produção às plantas com maior número desse tipo de raiz. No entanto, estudos realizados por MANGELSDORF e GOODSELL (1929) não confirmaram esses resultados, e os autores concluíram que raízes seminais não seriam um critério de valor para seleção de genótipos mais produtivos em milho.

ANDREW e SOLANKI (1966) observaram que raízes seminais desenvolvidas em fases precoces de desenvolvimento foram fortemente associa-
das com altura e vigor da planta na maturidade, mas baixa porcentagem des-
sas raízes assumiu maior importância em fases mais avançadas.

A influência dos caracteres de plantas jovens sobre a produtividade foi verificada por ALLEONI e VELLO (1979) através de uma análise de regressão múltipla, verificando-se que peso total da planta, peso da parte aérea, peso das raízes seminais, peso das raízes nodais e número total de raízes foram responsáveis por 27% da variação na produção.

ROGERS (1976) verificou que a dispersão das raízes corre-
lacionou-se positivamente com produção, sugerindo que seleção baseada nes-
se caráter resultaria em melhoramento da produção, na presença ou ausên-
cia de broca da raiz.

O trabalho de NASS e ZUBER (1971) mostrou a possibilidade de se avaliar o sistema radicular de plantas jovens (com 28 dias), correlacionando diversos caracteres com dados de campo. Entre os caracteres avaliados, peso de raízes nodais foi positivamente correlacionado com número de raízes nodais e peso de raízes seminais. Associações negativas foram observadas entre porcentagem de raiz seminal e número de raízes nodais e também com peso e volume das raízes. ARAÚJO (1975) observou correlações fenotípicas semelhantes, quando avaliou diversos genótipos de milho aos 28 dias pós-plantio.

O vigor de híbrido na primeira geração de cruzamentos entre linhagens não relacionadas e sua redução na segunda geração são bastante conhecidos para os caracteres da parte aérea em milho. KIESSELBACH e WEIHING (1935) desenvolveram estudo para verificar o comportamento das raízes em combinações híbridas na fase adulta. Após hibridação, houve aumento inicial e posterior diminuição, na segunda geração, para os caracteres, profundidade de penetração das raízes e diâmetro das raízes principais. Tal fato indica o comportamento heterótico das raízes.

Em estudo realizado por HOLBERT e KOEHLER (1926), os híbridos mostraram-se superiores às linhagens quanto ao crescimento vegetativo, mas não apresentaram maior resistência ao arrancamento, sugerindo que os fatores genéticos responsáveis pela redução do sistema radicular em linhagens suscetíveis ao acamamento são recessivos. Esses resultados, entretanto, não foram confirmados em estudos posteriores.

SPENCER (1940) verificou que os híbridos foram superiores às linhagens que lhes deram origem, para os caracteres peso seco das raízes, diâmetro das raízes principais e comprimento das raízes. Novamente,

este comportamento é indicativo da existência de heterose para os caracteres do sistema radicular.

A heterose entre compostos de milho, medida com base na média dos parentais, mostrou valor de 34% para o caráter peso total de raiz avaliado em plantas jovens. Para o caráter porcentagem de raiz seminal observou-se valor negativo de -5,61% (ALLEONI e ZINSKY, 1980).

O efeito da endogamia no sistema radicular foi observado por MANGELSDORF e GOODSELL (1929) em linhagens com cinco gerações de autofecundação. Os dados médios combinados de quatro linhagens mostraram redução progressiva no número de raízes seminais à medida que os genótipos tornaram-se menos heterozigotos. Não ficou evidente se o decréscimo no número de raízes foi devido diretamente à endogamia para o caráter, ou se foi consequência de modificação indireta devida às correlações genéticas entre caracteres do sistema radicular e outros caracteres alterados pelas autofecundações sucessivas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

As variedades utilizadas no presente estudo constituem populações de polinização livre e são descritas a seguir.

V₁. Piranão VD₁ - (originalmente denominado simplesmente de Piranão). Obtido a partir do cruzamento efetuado em 1965, do Piramex III com Tuxpeño braquítico homozigótico para o gene br-2 obtido do CIMMYT. Posteriormente a população braquítica foi submetida a três ciclos de seleção massal e três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. As plantas são de porte baixo, colmo grosso, muito resistentes ao acamamento e apresentam boa produtividade com grãos dentados (PATERNIA-NI *et alii*, 1977).

V₂. Piranão VD₂ - Representa a versão braquítica do ESALQ VD₂, originalmente denominado de Composto Dentado. Obtido a partir da combinação em 1965, de populações introduzidas do

CIMMYT representando germoplasmas de grãos dentados brancos e amarelos, predominando a raça Tuxpeño. Foi melhorado por três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. Devido à sua base genética mais ampla que o Piranão VD₁, apresenta grande potencial (PATERNIANI *et alii*, 1977).

V₃. Piranão VF₁ - Representa a versão braquítica do ESALQ VF₁, originalmente denominado de Composto Flint. Obtido a partir do intercruzamento em 1965, de populações introduzidas do CIMMYT, Cuba, Colombia e América Central, incluindo também amostras de milho Cateto. Foi melhorado por três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. Devido a sua ampla base genética apresenta potencial elevado. Grãos do tipo duro (PATERNIANI *et alii*, 1977).

V₄. Cimmyt br₂ - Obtido a partir de uma amostra de milho homozigótica para o gene br₂ recebida do CIMMYT em 1972. Apresenta grãos do tipo duro (PATERNIANI *et alii*, 1977).

V₅. Composto H.S.Dent br₂ - Composto formado a partir do intercruzamento de híbridos simples dentados. Após a sua homogeneização foi introduzido o gene br₂ por retrocruzamento, utilizando-se como doador a população Piranão VD₁ (J. R.Zinsly, citado por SOUZA JR., 1981).

V₆. Composto H.S.Flint br₂ - Composto formado a partir do intercruzamento de híbridos simples duros. Após a sua homogeneização foi introduzido o gene br₂ por retrocruzamento, utilizando-se como doador a população Cimmyt br₂ (J. R. Zinsly, citado por SOUZA JR., 1981).

O estudo de heterose envolveu as seis populações em cruzamentos dialélicos incluindo como testemunhas quatro híbridos braquiúti-
cos da Companhia de Sementes Agrocere S.A.

AG-351 - Híbrido duplo dentado

AG-453 - Híbrido duplo duro

AG-454 - Híbrido duplo duro

AG-8113- Híbrido simples duro

Para a avaliação da endogamia somente cinco das seis populações foram consideradas (V₂, V₃, V₄, V₅ e V₆), submetidas a uma geração de autofecundação.

3.2. Métodos

3.2.1. Execução experimental

3.2.1.1. Estudo da heterose

Em outubro de 1980, as seis (n) populações foram plantadas no campo em todas as $n(n-1)/2$ combinações possíveis em um esquema dialélico. Utilizaram-se linhas duplas pareadas com 10m de comprimento, contendo número médio de 50 plantas por linha. Na época do florescimento foram realizados os cruzamentos entre as populações utilizando-se a

primeira espiga (espiga superior) e, com a segunda espiga foram feitos cruzamentos dentro da mesma linha para multiplicação das próprias populações. Após a colheita, sementes dos cruzamentos e das populações foram conservadas em câmara seca.

A instalação do experimento para avaliação do sistema radicular foi feita em duas etapas (janeiro/fevereiro e março/abril de 1982) na casa de vegetação do Departamento de Genética da ESALQ-USP em Piracicaba-SP. Essa divisão em etapas teve por finalidade escalonar a grande quantidade de trabalho envolvida na coleta de dados. Em cada etapa, as seis populações, os 15 híbridos entre elas e as quatro testemunhas já descritas foram ensaiadas segundo delineamento em blocos casualizados com três repetições, sendo as parcelas representadas por 14 plantas, num total de 1.050 plantas.

O plantio de sementes individuais foi efetuado em sacos plásticos com 20cm de diâmetro e 30cm de profundidade, utilizando-se areia lavada como substrato. A irrigação foi feita diariamente, adicionando-se, após o 9º dia do plantio, 50ml de solução nutritiva de HOAGLAND e ANON (1938) em dias alternados (Apêndice 1).

A coleta dos dados iniciou-se aos 28 dias pós-plantio, quando dez plantas ao acaso foram removidas dos sacos plásticos e submetidas à contagem do número de raízes, anotando-se o número total de raízes, número de raízes seminais e número de raízes nodais de cada planta. Considerou-se raízes seminais aquelas originárias da semente, incluindo a radícula; aquelas surgidas em nós próximos no caule, foram chamadas de raízes nodais. Em seguida, a parte aérea foi separada, cortando-se a

planta na região do primeiro nó; separaram-se as raízes seminais e nodais que, após terem sido lavadas para remoção da areia, foram enroladas em papel jornal, mantendo-se no mesmo pacote, a parte aérea correspondente. Esse material foi colocado em estufa com circulação forçada de ar quente, à temperatura de 70°C até a obtenção de peso constante.

Com o auxílio de uma balança Mettler tipo P-120 procedeu-se à pesagem do material seco, avaliando-se os seguintes caracteres: peso total da planta, peso da parte aérea, peso total das raízes, peso das raízes nodais e peso das raízes seminais.

3.2.1.2. Estudo da endogamia

Para o estudo do efeito endogâmico sobre o sistema radicular cinco das seis populações parentais descritas no item 3.1. foram submetidas a uma geração de autofecundação, obtendo-se sementes S_1 . As plantas foram autofecundadas manualmente na época do florescimento, quando também foram realizados cruzamentos entre plantas irmãs para renovação das populações obtendo-se sementes S_0 . Tomou-se igual número de grãos de cada espiga para constituir a amostra de sementes.

Os dez materiais (cinco populações S_0 e os respectivos S_1 's) foram avaliados em duas etapas (janeiro/fevereiro e novembro/dezembro de 1982) em um experimento em blocos casualizados com três repetições por etapa. A condução do experimento e tomada dos dados foram realizadas de forma análoga à descrita para avaliação do efeito heterótico; tendo-se pois, avaliado os seguintes caracteres: número total de raízes, número de raízes seminais, número de raízes nodais, peso total da planta,

peso da parte aérea, peso total das raízes, peso das raízes seminais, peso das raízes nodais.

3.2.2. Análise estatística

3.2.2.1. Identificação dos caracteres avaliados

Os efeitos heteróticos e endogâmicos relacionados às plantas jovens de milho, com especial interesse aos relativos ao sistema radicular foram avaliados através de nove caracteres relacionados a seguir, juntamente com a abreviação utilizada para identificá-los durante as análises realizadas no presente trabalho.

PTP - peso total da planta

PPA - peso da parte aérea

PTR - peso total das raízes

PRS - peso das raízes seminais

PRN - peso das raízes nodais

NTR - número total de raízes

NRS - número de raízes seminais

NRN - número de raízes nodais

% RS - porcentagem de raiz seminal (calculada através da relação NRS/NTR).

Para a realização dos testes de hipóteses nas análises estatísticas, os dados referentes a número foram transformados para $\sqrt{X}$ e o relativo a porcentagem em Arc sen $\sqrt{\% RS}$, segundo recomendação de STEEL e TORRIE (1960).

3.2.2.2. Heterose

Inicialmente foi realizada a análise individual da variância para os nove caracteres em estudo em cada etapa do experimento, segundo o delineamento de blocos ao acaso, cujo modelo matemático é:

$$Y_{ij} = u + t_i + b_j + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} = observações do tratamento i na repetição j

u = média geral do caráter

t_i = efeito do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 25$)

b_j = efeito do bloco j ($j = 1, 2, 3$)

e_{ij} = erro experimental associado ao tratamento i na repetição j

Considerando os efeitos de todos os tratamentos como fixos, o quadro da análise da variância para cada etapa, com a relação entre quadrados médios para realização do teste F fica:

Fontes de Variação	GL	QM	F
Blocos	2	Q_1	Q_1/Q_7
Tratamentos	(24)	Q_2	Q_2/Q_7
Variedades	5	Q_3	Q_3/Q_7
Cruzamentos intervarietais	14	Q_4	Q_4/Q_7
Híbridos comerciais	3	Q_5	Q_5/Q_7
Entre grupos	2	Q_6	Q_6/Q_7
Erro experimental	48	Q_7	
Total	74		

Como as duas etapas do experimento foram conduzidas em épocas com temperaturas ambientes diferentes (Apêndice 2) realizou-se uma análise conjunta dos dados para verificar o efeito da interação tratamentos x épocas.

A representação da análise conjunta da variância para cada caráter pode ser vista no quadro a seguir:

Fontes de Variação	GL	QM	F
Blocos/Épocas	4	-	-
Épocas (E)	1	Q_1	Q_1/Q_8
Tratamentos (T)	(24)	Q_2	Q_2/Q_8
Variedades	5	Q_3	Q_3/Q_8
Híbridos intervarietais	14	Q_4	Q_4/Q_8
Testemunhas	3	Q_5	Q_5/Q_8
Entre grupos	2	Q_6	Q_6/Q_8
E x T	24	Q_7	Q_7/Q_8
Erro experimental médio	96	Q_8	
Total	149		

Com os dados das duas etapas, foram organizadas tabelas dialélicas com as médias das seis repetições, realizando-se a análise segundo a metodologia proposta por GARDNER e EBERHART (1966), cujo modelo matemático é:

$$Y_{jj'} = u + \frac{1}{2} (v_j + v_{j'}) + \theta h_{jj'}$$

onde:

u = média das variedades

v_j ou $v_{j'}$ = "efeito de variedade" da variedade j ou j'

$h_{jj'}$ = "efeito de heterose" que aparece no híbrido entre a variedade j e a variedade j' .

θ = coeficiente condicional: se $j = j'$, então $\theta = 0$

se $j \neq j'$, então $\theta = 1$

O efeito de heterose ($h_{jj'}$) é subdividido em:

$$h_{jj'} = \bar{h} + h_j + h_{j'} + s_{jj'}$$

onde:

$\bar{h}$ = heterose média

h_j ou $h_{j'}$ = heterose de variedade, que é a contribuição da variedade j ou j' para o efeito de heterose.

$s_{jj'}$ = heterose específica ou capacidade específica de combinação entre as variedades j e j' .

A análise da variância, segundo o modelo matemático, tem a seguinte forma.

Fontes de Variação	GL	QM	F
Populações ^{1/}	(20)	Q_1	Q_1/Q_7
Variedades	5	Q_2	Q_2/Q_7
Heterose	(15)	Q_3	Q_3/Q_7
Heterose média	1	Q_4	Q_4/Q_7
Heterose de variedades	5	Q_5	Q_5/Q_7
Heterose específica	9	Q_6	Q_6/Q_7
Erro médio ^{2/}	96	Q_7	

^{1/} Incluem variedades e híbridos

^{2/} Obtido do quadrado médio do erro experimental da análise da variância conjunta dividido pelo número de repetições ($r = 6$).

Os parâmetros genéticos de média e as somas de quadrados da análise da variância foram determinados de acordo com fórmulas apresentadas por VENCovsky (1969), sendo para os parâmetros genéticos:

$$\hat{u} = \frac{V_{..}}{n}$$

$$\hat{v}_j = V_j - \hat{u}$$

$$\hat{h} = \frac{2C_{..}}{n(n-1)} - \hat{u}$$

$$\hat{h}_j = \frac{C_{j.}}{(n-2)} - \frac{1}{n} \left(\frac{2C_{..}}{n-2} - \frac{V_{..}}{2} \right) - \left(\frac{V_j}{2} \right)$$

$$\hat{s}_{jj'} = C_{jj'} + \frac{2C_{..}}{(n-1)(n-2)} - \frac{C_{j.} + C_{j' .}}{n-2}$$

Para os cálculos das somas de quadrados, as fórmulas são as seguintes:

$$S.Q. \text{ populações} = \sum_{j=1}^n V_j^2 + \sum_{j < j'} C_{jj'}^2 - \frac{2T^2}{n(n+1)}$$

$$S.Q. \text{ variedades} = \frac{1}{n+2} \left[\sum_{j=1}^n (2 V_j + C_{j.})^2 - \frac{4T^2}{n} \right]$$

$$S.Q. \text{ heterose} = \sum_{j=1}^n V_j^2 + \sum_{j < j'} C_{jj'}^2 + \frac{1}{n+2} \left[\frac{2T^2}{n+1} - \sum_{j=1}^n (2 V_j + C_{j.})^2 \right]$$

$$S.Q. \text{ heterose média} = \frac{1}{n} \left(\frac{2C_{..}^2}{n-1} + V_{..}^2 - \frac{2T^2}{n+1} \right)$$

$$S.Q. \text{ heterose de variedades} = \frac{1}{(n-2)(n+2)} \sum_{j=1}^n \left[(n-2) V_j - 2C_{j.} \right]^2 - \frac{4}{n} \frac{C_{..}^2}{n-2} - \frac{T^2}{n+2} - \frac{V_{..}^2}{n}$$

$$S.Q.\text{heterose}_{\text{específica}} = \sum_{j < j'} C_{jj'}^2 - \frac{1}{n-2} \left(\sum_{j=1}^n C_{j.}^2 - \frac{2C_{..}^2}{n-1} \right)$$

onde:

V_j = média observada da variedade j .

$C_{jj'}$ = média observada do cruzamento entre a variedade j e a variedade j' .

n = número de variedades em estudo

$V_{..}$ = soma das médias observadas das n variedades

$C_{..}$ = soma das médias observadas de todos os cruzamentos

$C_{j.}$ = soma das médias observadas dos cruzamentos em que participa a variedade j

$C_{.j'}$ = soma das médias observadas dos cruzamentos em que participa a variedade j'

$$T = V_{..} + C_{..}$$

As médias observadas permitiram o cálculo da heterose em relação à média dos parentais. Para avaliar a significância dos valores de heterose, utilizou-se o teste t (SNEDECOR e COCHRAN, 1973)

$$t = \frac{\hat{Y} - 0}{\sqrt{\hat{V}(\hat{Y})}}$$

onde:

$$\hat{Y} = \bar{H} - \frac{1}{2} (\bar{P}_1 + \bar{P}_2) \text{ e}$$

$$\hat{V}(\hat{Y}) = \sum \frac{(CL)^2}{r} \cdot s^2$$

onde:

t = valor de heterose obtido para comparação com valores tabelados de t

$\hat{Y}$ = contraste para obtenção da heterose em relação à média dos parentais

$\bar{H}$ = média dos híbridos

$\bar{P}_1$ = média do parental 1

$\bar{P}_2$ = média do parental 2

$\hat{V}(\hat{Y})$ = variância para o contraste $\hat{Y}$

CL = coeficiente linear para cada componente do contraste

r = número de dados que compõem a média

s^2 = variância do erro experimental para a análise considerada

3.2.2.3. Endogamia

A análise individual da variância de cada etapa para os nove caracteres avaliados foi realizada de acordo com o modelo de blocos ao acaso já descrito anteriormente para análise dos materiais no estudo de heterose.

O correspondente quadro da análise da variância fica representado por:

Fontes de Variação	GL	QM	F
Blocos	2	Q_1	Q_1/Q_6
Tratamentos	(9)	Q_2	Q_2/Q_6
Entre S_0	4	Q_3	Q_3/Q_6
Entre S_1	4	Q_4	Q_4/Q_6
S_0 vs S_1	1	Q_5	Q_5/Q_6
Erro experimental	18	Q_6	
Total	29		

Considerando as épocas diferentes em que foram instaladas as etapas do experimento, realizou-se a análise conjunta dos dados, cujo quadro pode ser visto a seguir:

Fontes de Variação	GL	QM	F
Blocos/Épocas	4	-	-
Épocas (E)	1	Q_1	Q_1/Q_7
Tratamentos (T)	(9)	Q_2	Q_1/Q_7
Entre S_0	4	Q_3	Q_3/Q_7
Entre S_1	4	Q_4	Q_4/Q_7
Entre grupos	1	Q_5	Q_5/Q_7
E x T	9	Q_6	Q_6/Q_7
Erro experimental médio	36	Q_7	
Total	59		

O efeito da endogamia foi verificado através da depressão ocorrida nos materiais autofecundados, determinada pela seguinte expressão:

$$D\% = \left(1 - \frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_0} \right) 100$$

onde:

$D\%$ = depressão observada em porcentagem

$\bar{S}_0$ = média da população considerada

$\bar{S}_1$ = média da população com uma geração de autofecundação.

Utilizou-se ainda a técnica de GARDNER (1965) que permite a obtenção de informações genéticas a partir das médias das populações. As médias das populações S_0 e S_1 são representadas, respectivamente por:

$$M_{S_0} = u + a + d$$

$$M_{S_1} = u + a + d/2$$

onde:

u = média geral

a = componente aditivo

d = componente dominante

Os dados permitiram a estimação dos valores de $\hat{u} + \hat{a}$ (comportamento médio de linhagens tiradas ao acaso) e $\hat{d}$ (componente dominante) para cada variedade em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente são apresentados comentários gerais sobre o desenvolvimento dos experimentos. Os resultados obtidos nos estudos referentes a heterose e endogamia são relatados separadamente e, depois, discutidos em conjunto.

4.1. Desenvolvimento Experimental

A condução dos experimentos ocorreu de maneira satisfatória sem o ataque de pragas ou doenças, e as plantas desenvolveram-se normalmente não apresentando sintomas de deficiência nutricional, indicando o balanceamento adequado dos componentes da solução nutritiva utilizada (Apêndice 1).

A instalação dos experimentos em duas etapas em que as temperaturas ambientes foram ligeiramente diferentes (Apêndice 2), levou a elaboração da análise conjunta envolvendo os dados das duas épocas, visando-se verificar a presença de interação tratamentos x épocas. Na realização da análise conjunta da variância, alguns caracteres como PTP, PPA e

PRN no estudo referente a heterose e PPA em endogamia, apresentaram heterogeneidade dos erros experimentais entre as análises individuais, com a relação entre eles ultrapassando o limite de quatro vezes sugerido por Box (PIMENTEL GOMES, 1978). Para esses casos, utilizou-se o método proposto por COCHRAN (1954) em que se reajustam o número de graus de liberdade para a interação e erro experimental, que serão utilizados no teste F. Os valores estimados por esse método são apresentados entre parênteses nas Tabelas 1 e 29 para os estudos de heterose e endogamia, respectivamente.

As análises conjuntas da variância (Tabelas, 1, 2, 29 e 30) revelam que, embora tenham sido detectadas diferenças altamente significativas entre épocas para todos os caracteres, a interação tratamentos x épocas não mostrou significância, sendo possível a interpretação dos resultados a partir das médias envolvendo as duas épocas de plantio.

Os valores dos coeficientes de variação experimental encontrados em ambos os estudos (Tabelas 1, 2, 29 e 30) revelam a precisão satisfatória para as avaliações referentes a número, variando de 3,24% para NTR (Tabela 30) a 6,59% para NRS (Tabela 2). No entanto, os caracteres referentes a peso apresentaram coeficientes de variação experimental mais elevados com variação de 12,75% (PTP) a 21,27% (PRS) presentes na Tabela 29. Esses valores, cujas magnitudes foram observadas por ARAÚJO (1975) em experimento semelhante, indicam menor precisão para esses caracteres. O caráter PPA no estudo de endogamia apresentou valor extremamente alto (46,33%) e não será considerado para a discussão pela baixa precisão das avaliações.

4.2. Estudo de Heterose

4.2.1. Comportamento e potencial heterótico do material

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores dos quadros médios obtidos na análise conjunta da variância para os caracteres em estudo: PTP, PPA, PTR, PRS, PRN, NTR, NRS, NRN e % RS com as respectivas médias e coeficientes de variação. Observam-se diferenças altamente significativas entre tratamentos para todos os caracteres, exceto NRS, significativo ao nível de 5% de probabilidade.

O desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos em variedades, híbridos intervarietais, testemunhas e entre grupos, permitiu melhor observação sobre o comportamento de cada um dos grupos considerados.

Diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade foram observadas entre "testemunhas" para todos os caracteres, à exceção de PRS para o qual não se detectou significância. As testemunhas constituem híbridos comerciais e mostram uma grande variabilidade para caracteres do sistema radicular.

Para a fonte de variação "variedades", a aplicação do teste F detectou diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade para PTP, a 5% de probabilidade para PPA, PTR, PRS, PRN e NTR, com tendência semelhante para NRN, indicando que para esses caracteres, pelo menos uma das variedades difere estatisticamente das demais.

As diferenças entre "híbridos intervarietais" (Tabelas 1 e 2) foram verificadas para os caracteres PTP, PPA, PRS, NTR, NRN, sugerindo que as diferenças apresentadas pelas variedades foram expressadas nos híbridos intervarietais.

No entanto, os caracteres PTR e PRN, para os quais as variedades apresentaram diferenças estatísticas, não mostraram significâncias pelo teste F para a fonte de variação "híbridos intervarietais", indicando que os híbridos não reproduziram as diferenças das variedades parentais. Esses resultados poderiam sugerir presença de heterose e existência de correlação negativa entre a média do caráter para a variedade e a heterose manifestada pelos cruzamentos, evidenciada pelo fato do híbrido entre as duas piores variedades Piranão VD_2 x Piranão VF_1 (2×3) não diferir estatisticamente daquele originado do cruzamento das duas melhores variedades Piranão VD_1 x Composto H.S. Dent br_2 (1×5) (Tabelas 5 e 7).

A situação observada para o caráter % RS (Tabela 2) onde as "variedades" não foram significativas, mas os "híbridos intervarietais" mostram significância a 5% de probabilidade, revela, no entanto, que não há uma tendência definida para a manifestação da heterose nos caracteres do sistema radicular.

As médias para cada caráter, são apresentadas nas Tabelas 3 a 11. Observa-se que a testemunha AG 453 foi superior às três outras nos caracteres PTP, PPA, PTR, PRN, NRN e NRS. Para os demais caracteres (RS, NTR e % RS) o híbrido simples AG 8113 assumiu valores mais elevados.

Destaca-se entre as variedades a "Piranão VD₁" com valores médios superiores para a maioria das características, exceto PRS e % RS para os quais maiores valores foram observados para "Cimmyt br₂". Trabalho realizado por SOUZA JR. (1981) com as mesmas variedades, mostrou que "Piranão VD₁" foi a mais produtiva nas condições do ensaio. No entanto, "Cimmyt br₂" apresentou os menores valores para produção.

As Tabelas 12 a 20 mostram os valores e significâncias das heteroses baseadas na média dos parentais, e os mesmos valores em porcentagem da média dos parentais. Observou-se que os caracteres PTR e PRN apresentaram heteroses significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t nos cruzamentos Piranão VD₂ x Composto H.S. Dent br₂ e Piranão VD₂ x Composto H.S. Flint br₂, com valores negativo e positivo, respectivamente. Para a maioria dos caracteres do sistema radicular, sete dos quinze híbridos intervarietais (47%) apresentaram heteroses negativas.

4.2.2. Avaliação do material com base no modelo de GARDNER e EBERHART (1966)

As análises da variância das tabelas dialélicas estão apresentadas resumidamente nas Tabelas 21 e 22. As significâncias verificadas para PTP e PPA para as fontes de variação "populações", "variedades" e "heteroses", não são observadas para os caracteres do sistema radicular referentes a peso, e entre as características referentes a número de raízes, somente NTR e NRN apresentaram diferenças significativas para efeito de populações e de variedades.

As estimativas dos parâmetros $\hat{u}$ (média geral) e $\hat{v}_j$ (efeito

to de variedades) apresentadas nas Tabelas 23 e 24 permitem distinguir a variedade Piranão VD_1 como a melhor do conjunto com valores de $\hat{v}_1$ iguais a 0,2424 g/pl, 0,1498 g/pl, 0,1490 e 0,1513, respectivamente, para PTP, PPA, NTR e NRN. Os menores valores de $\hat{v}_1$ foram observados para Piranão VD_2 para os caracteres PTP ($\hat{v}_2 = -0,1729$ g/pl), PPA ($\hat{v}_2 = -0,1019$ g/pl) e NRN ($\hat{v}_2 = -0,0919$) e para NTR, a população Composto H.S. Dent br₂ ($\hat{v}_5 = -0,0747$) foi inferior entre o grupo estudado.

Os caracteres PTP, PPA e % RS manifestaram efeito de heterose ($h_{jj},$) e entre os seus componentes, mostraram-se significativos os efeitos de heterose de variedades (h_j) e heterose específica ($s_{jj},$) para PTP, enquanto somente heterose específica foi significativa para PPA e % RS.

Segundo VENCOSKY (1970), a manifestação da heterose média é função linear da dominância e da variância das frequências gênicas entre as variedades, em cada loco. A ausência de significância para heterose média poderia indicar que o caráter não exibe dominância ou que as frequências gênicas não diferem entre as variedades.

No entanto, a significância da "heterose de variedades" para PTP indica que o comportamento heterótico de pelo menos uma das variedades difere das outras quando cruzada com as restantes, indicando uma divergência genética.

Esse fato fica mais evidente quando se observa a significância da "heterose específica" em PTP e % RS indicando que pelo menos um cruzamento específico difere dos outros devido aos efeitos não aditivos e diferenças nas frequências gênicas das variedades.

Os resultados da análise da variância não são comuns nos trabalhos realizados com variedades para avaliação da produção de grãos, onde normalmente se encontram significâncias para heterose média e heterose de variedades (SOUZA JR., 1981), e raramente para heterose específica (HALLAUER e SEARS, 1968 e TROYER e HALLAUER, 1968).

As estimativas dos parâmetros $\hat{h}_j$ (heterose de variedades) apresentadas nas Tabelas 25 e 26, mostram $\hat{h}_2$ (Piranão VD₂) com magnitude superior para os caracteres PTR, PRN e PRS e $\hat{h}_4$ (Cimmyt br₂) superando em NRN e NRS. Os valores mais fortemente negativos referem-se às variedades com menor diversidade em relação ao conjunto em estudo.

Os valores estimados de $\hat{h}$ (heterose média), para os caracteres PTR, PRS, PRN e NRN estão próximos de zero, resultando quadrados médios nulos para essa fonte de variação na análise da variância, indicando ausência de divergência gênica entre as variedades.

As Tabelas 27 e 28 relatam as estimativas dos parâmetros $\hat{s}_{jj'}$ (heterose específica) para os caracteres relacionados a peso e número de raízes, respectivamente. Os valores mostram ampla variação, com estimativas negativas em aproximadamente 50% dos casos para a maioria dos caracteres.

4.3. Estudo de Endogamia

As análises conjuntas da variância apresentadas nas Tabelas 29 e 30 revelaram significâncias entre tratamentos somente para os caracteres PTP, NTR, NRS, NRN e %RS ao nível de 5 e/ou 1% de probabilidade. Para a fonte de variação "Entre S₀" que reflete as diferenças entre as variedades, pode-se verificar significância para PTP, PRS, NTR e

NRS, no entanto, somente para o caráter NRN houve diferença significativa entre as variedades autofecundadas. Diferenças significativas entre os grupos S_0 e S_1 foram observadas para PTP, NTR, NRS e % RS.

As médias para cada caráter, envolvendo as duas épocas de plantio estão relacionadas nas Tabelas 31 e 32. Embora se observe reduções para as variedades autofecundadas, a análise da variância mostrou que essas diferenças são significativas, somente para os caracteres PTP, NTR, NRS e % RS, ficando evidente uma tendência de redução para os demais caracteres.

A perda de vigor resultante da autofecundação em plantas de polinização cruzada, é mais acentuada nas primeiras gerações e progressivamente vai se tornando menor. Essa redução de vigor é devida aos genes recessivos de efeitos desfavoráveis presentes no conjunto gênico de uma determinada população e que estão mascarados pelos alelos dominantes em locos heterozigóticos. Consequentemente, maiores depressões serão observadas para as variedades que apresentarem maior quantidade de genes desfavoráveis.

As depressões causadas por endogamia para cada caráter estão relacionadas nas Tabelas 33 e 34. Considerando-se os caracteres do sistema radicular, observam-se valores mais elevados para a variedade Composto H. S. Flint br_2 em PTR, PRS e PRN com depressões de 22,86%, 30,46% e 14,66%, respectivamente. Para esses mesmos caracteres, a variedade Cimmyt br_2 apresentou valores negativos para as estimativas da depressão, caracterizando um "vigor" adquirido após a autofecundação.

Não houve um comportamento similar para as variedades em cada um dos caracteres referentes a número. A variedade V_1 (Pirãno VD_2) apresentou maiores reduções em NRS e % RS (6,79 e 4,04% respecti-

vamente), e Piranão VF₁ sofreu maiores efeitos da autofecundação para NTR e NRN com reduções de 5,38 e 4,85%. Valores negativos, embora próximos a zero foram observados para Composto H.S. Flint br₂ em NTR, NRS, NRN e % RS.

Utilizando-se a técnica de GARDNER (1965), em que a média de um caráter numa população em equilíbrio de Hardy-Weinberg é representada em função de efeitos e frequências gênicas, determinou-se os valores de $\bar{d}_j$ (componente dominante de média) e de $\hat{u} + \hat{a}_j$ (comportamento médio das linhagens tomadas ao acaso em cada população). Os valores para cada caráter encontram-se nas Tabelas 35 e 36.

Esses resultados indicam que em PTR, PRS, PRN, NRS e % RS a variedade V₅ (Composto H.S. Flint br₂) é a mais pobre em genes favoráveis com menor valor para $\hat{u} + \hat{a}_j$. A variedade Piranão VF₁ mostrou-se mais pobre em genes favoráveis para os caracteres NTR e NRN.

4.4. Considerações Gerais.

Heterose ou vigor de híbrido e depressão por endogamia são fenômenos complementares e frequentemente são observados no mesmo estudo.

A análise dos cruzamentos dialélicos para um grupo fixo de variedades de polinização livre fornece a base para avaliação preliminar do comportamento heterótico entre as variedades cruzadas, cujas inferências são tomadas da análise da variância.

FALCONER (1960) tem salientado que a expressão da heterose dependeria da presença de algum nível de dominância e da diferença relativa na frequência gênica dos parentais para determinar a magnitude da heterose.

No presente estudo, as análises da variância das tabelas dialélicas (Tabelas 21 e 22) não conseguiram detectar diferenças significativas para efeito de heterose em nenhum caráter, exceto porcentagem de raiz seminal. Esses resultados poderiam sugerir que as variedades avaliadas constituem um grupo aparentado, portanto com pouca divergência genética.

A relação entre diversidade genética das populações e a magnitude da heterose tem sido verificadas por vários autores como MOLL *et alii* (1962), indicando que heteroses elevadas estão associadas a máximas diversidades. MOLL *et alii* (1965) mostrou que existe um nível ótimo de diversidade para expressão da heterose, a partir do qual heteroses negativas podem ser observadas.

CRESS (1966), no entanto, concluiu que ausência de heterose não implica, necessariamente, na falta de diversidade, pois se os efeitos de dominância não forem unidirecionais em grande parte dos locos, pode ocorrer compensação nos efeitos de diferentes locos e, conseqüentemente, a ausência de heterose.

Dessa forma, a hipótese de ausência de divergência entre as variedades não pode ser totalmente aceita, e parece mesmo pouco provável pois trabalho realizado por SOUZA JR. (1981), utilizando as mesmas variedades, mostrou que existe considerável divergência. O autor encontrou valores de heterose variáveis entre 2,46 a 49,25% para produção de grãos. A variedade Cimmyt br₂ foi a mais divergente, devido a sua frequência dos genes favoráveis para produção de grãos, com algum grau de dominância, estar bem abaixo das frequências gênicas médias das outras variedades.

Para os caracteres do sistema radicular, heteroses significativas com base na média dos parentais de 19,89%, 24,88% e 16,44% foram verificadas para PTR, PRN e PRS, respectivamente, contradizendo o resultado das análises da variância. No entanto, houve uma ampla variação na magnitude das heteroses expressadas, com valores extremos, positivos e negativos (Tabelas 12 a 20), sugerindo uma manifestação errática, que poderia ser ocasionada por uma baixa precisão dos experimentos. Embora os coeficientes de variação dos experimentos tenham sido concordantes com os apresentados por ARAÚJO (1975), é possível que os valores observados sejam muito elevados para se detectar efeito heterótico. A avaliação do sistema radicular apresenta dificuldades inerentes aos próprios caracteres sendo difícil contornar o problema.

Considerando-se a condição de FALCONER (1960) sobre a presença de dominância para manifestação de heterose, os resultados sugerem que os caracteres sejam governados principalmente por genes aditivos.

A determinação dos componentes dominantes ($\hat{d}_j$) na média das variedades, segundo a técnica de GARDNER (1965), revelou estimativas relativamente altas de $\hat{d}_j$ indicando uma considerável depressão com uma geração de autofecundação que representa 50% de perda de heterozigose. Dessa forma, não se pode descartar totalmente a existência de genes dominantes para os caracteres avaliados.

Essas mesmas variedades foram avaliadas por GERALDI *et alii* (1982) que verificaram depressões de 29,6% a 57,1% em ambiente de cerrado para produção de grãos.

Ao se observar a natureza errática da manifestação da heterose, e os valores relativamente altos de depressão por endogamia, é preciso considerar a possível presença de genes letais no conjunto gênico dessas populações para os caracteres do sistema radicular. Se genes letais estiverem presentes no estado heterozigoto, a homozigose resultante da autofecundação fará com que eles se manifestem provocando redução do caráter. Considerando os caracteres avaliados pode-se sugerir a hipótese de que a endogamia permita a manifestação de um gene cuja ação não seja diretamente ligada ao sistema radicular, mas em um passo biológico relacionado a ele. MANGELSDORF e GOODSSELL (1929) mencionam essa possibilidade ao observarem redução no número de raízes seminais com autofecundações sucessivas.

Um dos pontos importantes a ser considerado no presente trabalho consiste no fato de que as variedades estudadas possuem o gene *br-2* que promove encurtamento dos internódios das plantas apresentando, conseqüentemente, altura reduzida, sem alteração do número e tamanho das folhas. Esse encurtamento dos internódios é devido a distúrbios no metabolismo de uma auxina responsável pelo alongamento da parede celular (BANDEL, 1978). Embora os trabalhos na literatura mostrem que plantas de milho braquítico apresentam maior resistência ao acamamento como verificado por PATERNIANI (1973), GALVÃO (1974) e KHEHRA *et alii* (1975) entre outros, não se conhece a importância do vigor das raízes para essa característica. ANDERSON e CHOW (1963) verificaram que híbridos braquíticos apresentaram maior resistência à quebra do colmo, mas o acamamento de raízes não diferiu do observado nos híbridos normais.

Após a introdução do gene br-2, as populações parentais sofreram grande pressão de seleção para caracteres da parte aérea, especialmente produção, enquanto que nenhuma atenção foi dada ao sistema radicular. Possivelmente, certas combinações epistáticas, antes fixadas nas populações parentais, foram perturbadas com a presença do gene br-2, ocasionando um desequilíbrio nos caracteres referentes às raízes. Nessa situação fica difícil definir tendências gerais, ficando os efeitos genéticos muito condicionados ao acaso. Isso pode ser verificado pela natureza errática dos valores de heterose já mencionada.

A influência do acaso agindo sobre os rearranjos gênicos, primeiro com a introdução do gene br-2 no conjunto gênico, depois com a autofecundação, poderia permitir o aparecimento de alguns casos de "ganho de vigor" com autofecundação observados principalmente para os caracteres referentes a peso na variedade V_3 (Cimmyt br₂).

Diante das situações colocadas, fica evidente o interesse por novos estudos visando a avaliação dos efeitos heteróticos e endogâmicos em caracteres do sistema radicular em populações normais para se verificar o comportamento das raízes quando não se introduz um gene com efeitos drásticos na planta como o gene br-2.

A metodologia de GARDNER e EBERHART (1966) embora muito útil nas interpretações das investigações sobre a heterose em cruzamentos dialélicos, não fornece informações definitivas sobre a estrutura das variedades ao nível de frequências gênicas, de grande importância no estudo de caracteres quantitativos. (VENCOVSKY, 1970).

5. CONCLUSÕES

A interpretação dos resultados do estudo realizado permite concluir que:

- a - A metodologia de estudo do sistema radicular utilizando areia lavada como substrato, solução nutritiva e repetições em épocas diferentes possibilita a discriminação de diferenças entre genótipos. Existe influência da temperatura sobre o desenvolvimento das plantas, mas não da interação tratamentos x épocas no comportamento dos materiais.
- b - A variabilidade genética observada para os caracteres do sistema radicular permite antever obtenção de sucesso com prática de seleção para raízes vigorosas.
- c - Alguns híbridos mostraram heterose, que ocorreu de maneira aleatória para os diferentes caracteres do sistema radicular.
- d - Evidências de efeito heterótico e endogâmico verificadas para os caracteres PTP e PPA não foram observadas para os caracteres do sistema radicular.

e - O comportamento aleatório e infrequente da heterose e da depressão causada com a endogamia, constituem-se em evidências favoráveis à predominância de efeitos aditivos controlando a herança dos caracteres do sistema radicular em plantas jovens de milho braquítico.

LITERATURA CITADA

ALLEONI, M.R.B. e A.C.VELLO, 1979. Influência do sistema radicular de plantas jovens sobre produtividade em milho. *In*: 31^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. *Resumos*. Ceará, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, p. 582.

ALLEONI, M.R.B. e J.R.ZINSLY, 1980. Base genética de caracteres do sistema radicular em composto de milho. *In*: 32^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. *Resumos*. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, p.703.

ANDERSON, J.C. e P.N. CHOW, 1963. Phenotypes and grain yield associated with brachytic-2 gene in single cross hybrids of dent corn. *Crop Science*. Madison, 3:111-113.

ANDREW, R.H., 1966. A technique for measuring root volume *in vivo*. *Crop Science*. Madison, 6:384-386.

- ANDREW, R.H. e S.S.SOLANKI, 1966. Comparative root morphology for inbred lines of corn as related to performance. *Agronomy Journal*. Madison, 58:415-418.
- ARAÚJO, N.M.de, 1975. Variabilidade do sistema radicular entre cultivares de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, ESALQ/USP, 72 p. (Dissertação de Mestrado).
- ARIHARA, J. e T.M.CROSBIE, 1982. Relationships among seedling and mature root system traits of maize. *Crop Science*, Madison, 22:1197-1202.
- BANDEL, G., 1978. Genética. In: PATERNIANI, E., Coord. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Piracicaba, ESALQ/USP. Marprint, p. 97-118.
- COCHRAN, W.G., 1954. The combination of estimates from different experiments. *Biometrics*. Raleigh, 10:101-129.
- COLLINS, G.N., 1914. A drought-resisting adaptation in seedlings of Hopi maize. *Journal of Agricultural Research*. Washington, 1:293-302.
- CRAIG, J., 1968. Selection for root strenght in maize. *Tropical Agriculture*. Saint Augustine, 45:343-345.
- CRESS, C.E., 1966. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. *Genetics*. New York, 53:269-274.

- FALCONER, D.S., 1960. *Introduction to Quantitative Genetics*. New York, The Ronald Press Co. 365 p.
- FOTH, H.D., 1962. Root and top growth of corn. *Agronomy Journal*. Madison, 49:49-52.
- GALVÃO, J.D., 1974. Comportamento do milho Piranão (braquítico-2) e de milhos de porte normal, em diferentes níveis de nitrogênio e populações de plantas. Piracicaba, ESALQ/USP, 106 p. (Tese de Doutorado).
- GARCIA JR., O., W.I.da SILVA e M.A.S.MASSEI, 1979. An efficient method for screening maize inbreds for aluminum tolerance. *Maydica*. Itália. 24:75-82.
- GARDNER, C.O., 1965. Teoría de genética estadística aplicable a las medias de variedades, sus cruces y poblaciones afines. *Fitotecnica Latinoamericana*. San José, 2:11-22.
- GARDNER, C.O. e S.A.EBERHART, 1966. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. *Biometrics*. Richmond, 22:439-452.
- GERALDI, I.O., C.L.SOUZA JR. e R.VENCOVSKY, 1982. Depressão por endogamia em populações de milho braquítico. In: XIV Congresso Nacional de milho e sorgo. *Resumos*. Florianópolis, Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A., p.48.
- GOODMAN, M.M. e J.S.C. SMITH, 1978. Botânica. In: PATERNIANI, E., Coord. *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. Piracicaba, ESALQ/USP, Marprint, p.32-70.

- HALLAUER, A.R. e J.H. SEARS, 1968. Second phase in the evaluation of synthetic varieties of maize for yield. *Crop Science*. Madison, 8: 448-451.
- HAYES, H.K. e I.J. JOHNSON, 1939. The breeding of improved selfed lines of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 31: 710-724.
- HOAGLAND, D.R. e D.I. ARNON, 1938. The water culture method of growing plants without soil. *California Agr. Exp. Sta.*, 347 p. (Série Circular).
- HOLBERT, J.R. e B. KOEHLER, 1924. Anchorage and extent of corn root systems. *Journal of Agricultural Research*. Washington, 27:71-78.
- JENISON, J.R., D.B. SHANK e L.H. PENNY, 1981. Root characteristics of maize inbreds evaluated in four environments. *Crop Science*. Madison, 21:233-237.
- JENKINS, M.T., 1930. Heritable characters of maize. *Journal of Heredity*. Washington, D.C., 21:79-80.
- KHEHRA, A.S., V.V. MALHOTRA, V.K. SAXENA e B.S. DHILLON, 1975. Role of brachytic-2 in genetic improvement of maize. *Egyptian Journal of Genetic and Cytology*. Ludhiana, 4:430-432.
- KIESSELBACH, T.A. e R.M. WEIHING, 1935. The comparative root development of selfed lines of corn and their F_1 and F_2 hybrids. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 27:538-541.

- MANGELSDORF, P.C. e S.F.GOODSELL, 1929. The relation of seminal roots in corn to yield and various seed, ear, and plant characters. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 21:52-68.
- MENGEL, D.B. e S.A.BARBER, 1974. Development and distribution of corn root systems under field conditions. *Agronomy Journal*. Madison, 66: 341-344.
- MIRANDA, L.T.de, 1980. Inheritance and linkage of root characteristic from Pueblo maize. *Maize Genetics Cooperation News Letter*. Missouri, 54:18-19.
- MISRA, D.K., 1956. Relation of root development to drought resistance of plants. *Indian Journal of Agronomy*, New Delhi, 1:41-46.
- MOLL, R.H., W.S.SALHUANA e H.F.ROBINSON, 1962. Heterosis and genetic diversity in variety crosses of maize. *Crop Science*. Madison, 2:197-198.
- MOLL, R.H., J.H.LONNQUIST, J.V.FORTUNO e E.C.JOHNSON, 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics*. Madison, 27:666-670.
- MUSICK, G.J., M.L.FAIRCHILD, V.L.FERGASON e M.S.ZUBER, 1965. A method of measuring root volume in corn (*Zea mays* L.). *Crop Science*. Madison, 5:601-602.

- NAGEL, C.M., 1973. Techniques and methods useful in the selection of root and stalk rot resistance in corn. *Proceedings of twenty eight Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Illinois, 28:51-57.
- NASS, H.G. e M.S.ZUBER, 1971. Correlation of corn (*Zea mays* L.) roots early in development to mature root development. *Crop Science*. Madison, 11:655-658.
- ORTMAN, E.E., D.C.PETERS e P.J. FITZGERALD, 1968. Vertical - pull technique for evaluating tolerance of corn root systems to northern and western corn rootworms. *Journal Economic Entomology*. College Park-MD, 61:373-375.
- OWENS, J.C., D.C.PETERS e A.R.HALLAUER, 1974. Corn rootworm tolerance in maize. *Environmental Entomology*. College Park-MD, 3:767-772.
- PATERNIANI, E., 1973. Origem e Comportamento do milho Piranão. *Relatório Científico do Instituto de Genética*. Piracicaba, 7:148-155.
- PATERNIANI, E., J.R.ZINSLY e J.B.MIRANDA FILHO, 1977. Populações melhoradas de milho obtidas pelo Instituto de Genética. *Relatório Científico do Instituto de Genética*. Piracicaba, 11:108-114.
- PENNY, L.H., 1981. Vertical-pull resistance of maize inbreds and their testcrosses. *Crop Science*. Madison, 21:237-240.

- PEREIRA, W., J.A.OSUNA e S.MIGUEL, 1977. Estudo da variabilidade do sistema radicular de três cultivares de *Zea mays* L. (Milho) em relação a vários caracteres fenotípicos. *Científica*. Jaboticabal, 5(1):40-44.
- PETERS, D.W., D.B.SHANK e W.E.NYQUIST, 1982. Root-pulling resistance and its relationship to grain yield in F_1 hybrids of maize. *Crop Science*. Madison, 22:1112-1114.
- PIMENTEL GOMES, F., 1978. *Curso de Estatística Experimental*. 8^a ed. Piracicaba, Livraria Nobel S/A. 430 p.
- ROGERS, R.R., 1976. Population improvement in maize for corn rootworm tolerance and relationship of tolerance to yield. *Dissertation Abstracts International*. Madison, 36(10):4844 B.
- ROGERS, R.R., W.A.RUSSELL e J.C.OWENS, 1976. Evaluation of a vertical-pull technique in population improvement of maize for corn rootworm tolerance. *Crop Science*, Madison, 16:591-594.
- ROGERS, R.R., W.A.RUSSELL e J.C.OWENS, 1977. Expected gains from selection in maize for resistance to corn rootworms. *Maydica*. Itália, 22:27-36.
- ROWE, P.R. e R.H.ANDREW, 1960. Studies of certain characters of corn during growth in nutrient solution. *Agronomy Abstracts*. Madison, p.60.

- SMITH, L.H. e E.H.WALWORTH, 1926. Seminal root development in corn in relation to vigor of early growth and yield of crop. *Journal of the American Society of Agronomy*, Madison, 18:1113-1120.
- SNEDECOR, G.W. e G.COCHRAN, 1973. *Statistical Methods*. 6^a ed. Yowa, The Iowa State University Press, 593 p.
- SOUZA JR., C.L.de, 1981. Análise de cruzamentos dialélicos e predição de compostos de milho (*Zea mays* L.) braquiúico. Piracicaba, ESALQ/USP, 102 p. (Dissertação de Mestrado).
- SPENCER, J.T., 1940. A comparative study of the seasonal root development of some inbred lines and hybrids of maize. *Journal of Agricultural Research*. Washington, 61:521-538.
- STEEL, R.G.D. e J.H.TORRIE, 1960. *Principles and procedures of statistics*. ed. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc. 481 p.
- THOMPSON, D.L., 1968. Field evaluation of corn root clump. *Agronomy Journal*, Madison, 60:170-172.
- TROYER, A.F. e A.R.HALLAUER, 1968. Analysis of a set of early flint varieties of maize. *Crop Science*. Madison, 8:581-584.
- VELLO, A.C. e M.R.B.ALLEONI, 1979. Influência do sistema radicular de plantas jovens sobre acamamento na fase adulta, em milho. In: VIII Jornada Científica da Associação dos Docentes do Campus de Botucatu. *Anais*. Botucatu, UNESP, p.45.

- VENCOVSKY, R., 1969. Análise de cruzamentos dialélicos entre variedades pelo método de GARDNER e EBERHART. *Relatório Científico do Instituto de Genética*. Piracicaba, 3:99-111.
- VENCOVSKY, R., 1970. Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades. Piracicaba, ESALQ/USP, 59 p. (Tese de Livre-Docente).
- WEIHING, R.M., 1935. The comparative root development of regional types of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 27:526-537.
- WIGGANS, R.G., 1916. The number of temporary roots in the cereals. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 8(1):31-37.
- WILSON, H.K., 1930. Plant characters as indices in relation to the ability of corn strains to withstand lodging. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, 22:453-458.
- ZUBER, M.S., 1968. Evaluations of corn root systems under various environments. *Proceedings of the twenty-third annual corn and sorghum research conference*. Illinois, 23:67-75.

TABELÁS

Tabela 1. Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises conjuntas da variância para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRS e PRN avaliados em plantas jovens: Blocos ao acaso, 3 repetições, 2 épocas

Fontes de Variação	PTP		PPA		PTR		PRS		PRN	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos/Épocas	4	1,1362**	4	0,6224**	4	0,1086**	4	0,0059**	4	0,1324**
Tratamentos (T)	(24)	0,1649**	(24)	0,0704**	(24)	0,0222**	(24)	0,0034**	(24)	0,0116**
Variedades	5	0,1356**	5	0,0475*	5	0,0244*	5	0,0033*	5	0,0155*
Híbridos intervarietais	14	0,0754*	14	0,0338*	14	0,0102 ^{ns}	14	0,0022*	14	0,0054 ^{ns}
Testemunhas	3	0,2484**	3	0,1108**	3	0,0337**	3	0,0032 ^{ns}	3	0,0203**
Entre grupos	2	0,7398**	2	0,3239**	2	0,0838**	2	0,0120**	2	0,0321**
Épocas (E)	1	14,9925**	1	5,6892**	1	2,2040**	1	0,0748**	1	1,4608**
T x E	24(24) ^{a/}	0,0447 ^{ns}	24(24) ^{a/}	0,0251 ^{ns}	24	0,0091 ^{ns}	24(24) ^{a/}	0,0018 ^{ns}	24(24) ^{a/}	0,0057 ^{ns}
Erro médio	96(67) ^{a/}	0,0322	96(61) ^{a/}	0,0150	96	0,0081	96(68) ^{a/}	0,0012	96(68) ^{a/}	0,0051
Coeficiente de variação (%)		13,52		15,95		16,10		17,02		20,07
Média		1,3270		0,7678		0,5591		0,2036		0,3557

ns: não significativo

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

^{a/}: graus de liberdade estimados para utilização no teste F

Tabela 2. Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises conjuntas da variância para os caracteres NTR, NRS, NRN (transformados para $\sqrt{x}$) e % RS (transformado para Arc sen $\sqrt{\%RS}$) avaliados em plantas jovens de milho. Blocos ao acaso, 3 repetições, 2 épocas

Fontes de Variação	GL	QM			
		NTR	NRS	NRN	% RS
Blocos/Épocas	4	0,0260 ^{ns}	0,1617**	0,1052**	47,3512**
Tratamentos (T)	(24)	0,0621**	0,0413*	0,0499**	7,5860**
Variedades	5	0,0411*	0,0169 ^{ns}	0,0403 ^{ns}	4,6274 ^{ns}
Híbridos intervarietais	14	0,0451**	0,0324 ^{ns}	0,0377*	7,4765*
Testemunhas	3	0,1525**	0,0923**	0,1330**	16,7004**
Entre grupos	2	0,0982**	0,0591 ^{ns}	0,0236 ^{ns}	2,0774 ^{ns}
Épocas (E)	1	2,0138**	2,3708**	0,2408**	134,6577**
T x E	24	0,0278 ^{ns}	0,0236 ^{ns}	0,0140 ^{ns}	1,6246 ^{ns}
Erro médio	96	0,0176	0,0224	0,0176	3,4258
Coefficiente de variação (%)		3,50	6,59	4,41	4,97
Média		3,7870	2,2712	3,0086	37,2100

ns: não significativo

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

Tabela 3. Médias observadas de peso total da planta (PTP) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela. Dados em g/planta

	1	2	3	4	5	6
1	1,5035	1,4225	1,3946	1,4243	1,1477	1,2335
2		1,0882	1,3690	1,2340	1,2157	1,4382
3			1,1305	1,1017	1,1713	1,2092
4				1,2298	1,3047	1,3925
5					1,3392	1,3400
6						1,2752
Testemunhas:	AG 351: 1,2977		AG 453: 1,7957			
	AG 454: 1,5630		AG 8113: 1,5537			

Tabela 4. Médias observadas de peso da parte aérea (PPA) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela. Dados em g/planta

	1	2	3	4	5	6
1	0,8660	0,8228	0,8007	0,8452	0,6482	0,7272
2		0,6143	0,8312	0,6982	0,6957	0,8332
3			0,6478	0,6313	0,6610	0,6952
4				0,6872	0,7322	0,8218
5					0,7420	0,7875
6						0,7397
Testemunhas:	AG 351: 0,7712		AG 453: 1,0993			
	AG 454: 0,8888		AG 8113: 0,9079			

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂.
 5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 5. Médias observadas de peso total das raízes (PTR) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela. Dados em g/planta

	1	2	3	4	5	6
1	0,6375	0,5997	0,5939	0,5775	0,4995	0,5063
2		0,4738	0,5373	0,5358	0,5200	0,6050
3			0,4827	0,4703	0,5103	0,5123
4				0,5442	0,5725	0,5707
5					0,5972	0,5525
6						0,5355
Testemunhas	AG 351: 0,5265			AG 453: 0,6963		
	AG 454: 0,6660			AG 8113: 0,6540		

Tabela 6. Médias observadas de peso das raízes seminais (PRS) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela. Dados em g/planta

	1	2	3	4	5	6
1	0,2228	0,2252	0,2225	0,2148	0,1837	0,1743
2		0,1640	0,1943	0,2155	0,1677	0,2025
3			0,1844	0,1738	0,1855	0,2033
4				0,2250	0,2122	0,1833
5					0,1897	0,2135
6						0,2007
Testemunhas:	AG 351: 0,2027			AG 453: 0,2408		
	AG 454: 0,2292			AG 8113: 0,2576		

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂.
5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 7 - Médias observadas de peso das raízes nodais (PRN) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela. Dados em g/planta

	1	2	3	4	5	6
1	0,4147	0,3745	0,3714	0,3627	0,3208	0,3321
2		0,3098	0,3430	0,3203	0,3523	0,4025
3			0,2983	0,2965	0,3248	0,3090
4				0,3192	0,3603	0,3873
5					0,4075	0,3390
6						0,3348
Testemunhas:	AG 351: 0,3238		AG 453: 0,4555			
	AG 454: 0,4362		AG 8113: 0,3970			

Tabela 8 - Médias observadas de número total de raízes (NTR) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela

	1	2	3	4	5	6
1	15,30	14,88	14,31	15,48	13,67	14,72
2		13,80	13,75	14,51	12,96	14,47
3			13,81	13,77	14,46	14,07
4				14,47	14,03	15,14
5					13,60	13,66
6						13,99
Testemunhas:	AG 351: 13,54		AG 453: 15,36			
	AG 454: 14,60		AG 8113: 16,46			

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;
5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂

Tabela 9 - Médias observadas de número de raízes nodais (NRN) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela

	1	2	3	4	5	6
1	9,93	9,23	8,80	9,72	8,81	9,40
2		8,46	9,06	9,13	8,10	9,21
3			8,80	8,57	8,89	8,55
4				8,82	8,99	9,95
5					9,07	8,54
6						8,97
Testemunhas:	AG 351: 8,07		AG 453: 9,97			
	AG 454: 9,50		AG 8113: 9,94			

Tabela 10 - Médias observadas de número de raízes seminais (NRS) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela

	1	2	2	4	5	6
1	5,28	5,78	5,39	5,64	4,73	5,14
2		5,13	4,57	5,19	4,83	5,09
3			4,83	5,06	5,42	5,40
4				4,65	4,90	5,04
5					5,14	5,02
6						4,90
Testemunhas:	AG 351: 5,32		AG 453: 5,27			
	AG 454: 5,03		AG 8113: 6,37			

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;
 2. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂

Tabela 11. Médias observadas da porcentagem de raízes seminais (% RS) de seis variedades e seus respectivos híbridos intervarietais em cruzamentos dialélicos. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela

	1	2	3	4	5	6
1	34,38	39,94	38,02	36,65	34,92	35,11
2		37,43	33,36	36,29	37,80	35,49
3			35,45	37,25	37,86	38,57
4				38,43	35,56	33,41
5					35,60	37,41
6						36,74
Testemunhas:	AG 351: 39,78		AG 453: 34,65			
	AG 454: 34,90		AG 8113: 39,50			

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;
 5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂

Tabela 12. Valores e significâncias^{a/} da heterose (g/planta) do peso total de planta (PTP) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal), observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,1266 ^{ns}	0,0776 ^{ns}	0,0576 ^{ns}	-0,2736**	-0,1558 ^{ns}
2	9,77	-	0,2596**	0,0750 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,2565**
3	5,89	23,40	-	-0,0785 ^{ns}	-0,0636 ^{ns}	0,0064 ^{ns}
4	4,21	6,47	-6,65	-	0,0202 ^{ns}	0,1400 ^{ns}
5	19,25	0,16	-6,64	1,57	-	0,0328 ^{ns}
6	-11,21	21,71	0,53	11,18	2,51	-

Tabela 13. Valores e significâncias^{a/} da heterose (g/planta) do peso da parte aérea (PPA) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal), observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,0826 ^{ns}	0,0438 ^{ns}	0,0686 ^{ns}	-0,1558*	-0,0756 ^{ns}
2	11,16	-	0,1696**	0,1944**	0,0176 ^{ns}	0,1562*
3	5,79	26,88	-	-0,0362 ^{ns}	-0,0339 ^{ns}	0,0014 ^{ns}
4	8,83	29,87	-5,42	-	0,0176 ^{ns}	0,1084 ^{ns}
5	-19,38	2,60	-4,88	2,46	-	0,0466 ^{ns}
6	-9,42	23,07	0,20	15,19	6,29	-

ns: não significativo

*, **: significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

^{a/}: obtidas pela comparação dos valores das heteroses com zero pelo teste t.

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;

5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 14. Valores e significâncias^{a/} da heterose (g/planta) do peso total das raízes (PTR) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal) observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,0440 ^{ns}	0,0338 ^{ns}	-0,0134 ^{ns}	-0,1178*	-0,0802 ^{ns}
2	7,92	-	0,0590 ^{ns}	0,0268 ^{ns}	-0,0155 ^{ns}	0,1004*
3	6,03	12,34	-	-0,0431 ^{ns}	-0,0296 ^{ns}	0,0032 ^{ns}
4	-2,27	5,27	-8,39	-	0,0018 ^{ns}	0,0308 ^{ns}
5	-19,08	-1,55	-5,48	0,32	-	-0,0138 ^{ns}
6	-13,67	19,89	0,63	5,71	-2,44	-

Tabela 15. Valores e significâncias^{a/} da heterose (g/planta) do peso das raízes seminais (PRS) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal) observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,0318 ^{ns}	0,0189 ^{ns}	-0,0091 ^{ns}	-0,0226 ^{ns}	-0,0374*
2	16,44	-	0,0201 ^{ns}	0,0210 ^{ns}	-0,0092 ^{ns}	0,0202 ^{ns}
3	9,28	11,54	-	-0,0309 ^{ns}	-0,0016 ^{ns}	0,0108 ^{ns}
4	-4,06	10,80	-15,10	-	0,0048 ^{ns}	-0,0296 ^{ns}
5	-10,96	-5,20	-0,86	2,31	-	0,0183 ^{ns}
6	-17,66	11,08	5,61	-13,91	9,37	-

ns: não significativo

*: significativo a 5% de probabilidade

^{a/}: obtidas pela comparação dos valores das heteroses com zero pelo teste t

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;

5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 16. Valores e significâncias^{a/} da heterose (g/planta) do peso de raízes nodais (PRN) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal) observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,0122 ^{ns}	0,0149 ^{ns}	-0,0042 ^{ns}	-0,0903*	-0,0426 ^{ns}
2	3,37	-	0,0390 ^{ns}	0,0058 ^{ns}	-0,0064 ^{ns}	0,0802*
3	4,18	12,83	-	-0,0122 ^{ns}	-0,0281 ^{ns}	-0,0076 ^{ns}
4	-1,14	1,84	-3,95	-	-0,0030 ^{ns}	0,0603 ^{ns}
5	-21,97	-1,78	-7,96	-0,83	-	-0,0322 ^{ns}
6	-11,37	24,88	-2,40	18,44	-8,68	-

Tabela 17. Valores e significâncias^{a/} da heterose do número total de raízes (NTR) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal) observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,0437 ^{ns}	-0,0315 ^{ns}	0,0770 ^{ns}	-0,1018 ^{ns}	0,0330 ^{ns}
2	1,15	-	-0,0079 ^{ns}	0,0492 ^{ns}	-0,1010 ^{ns}	0,0754 ^{ns}
3	-0,83	-0,21	-	-0,0494 ^{ns}	0,1012 ^{ns}	0,0228 ^{ns}
4	2,00	1,31	-1,31	-	-0,0006 ^{ns}	0,1192 ^{ns}
5	-2,68	-2,73	2,73	-0,02	-	-0,0189 ^{ns}
6	0,86	2,02	0,61	3,16	-0,51	-

ns: não significativo

*: significativo a 5% de probabilidade

a/: obtidas pela comparação dos valores das heteroses com zero pelo teste t

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;
5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 18. Valores e significâncias^{a/} da heterose do número de raízes nodais (NRN) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal) observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,0075 ^{ns}	-0,0918 ^{ns}	0,0564 ^{ns}	-0,1138 ^{ns}	-0,0074 ^{ns}
2	0,25	-	0,0720 ^{ns}	0,0826 ^{ns}	-0,1136 ^{ns}	0,0839 ^{ns}
3	-3,00	2,45	-	-0,0404 ^{ns}	-0,0070 ^{ns}	-0,0567 ^{ns}
4	1,84	2,81	-1,36	-	0,0074 ^{ns}	0,1718*
5	-3,69	3,84	-0,23	0,25	-	-0,0808 ^{ns}
6	-0,24	2,84	-1,90	5,76	-2,69	-

Tabela 19. Valores e significâncias^{a/} da heterose do número de raízes seminais (NRS) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal) observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	0,1234 ^{ns}	0,0753 ^{ns}	0,1494*	-0,1068 ^{ns}	0,0118 ^{ns}
2	5,41	-	-0,0938 ^{ns}	0,0684 ^{ns}	-0,0682 ^{ns}	0,0180 ^{ns}
3	3,35	-4,20	-	0,0725 ^{ns}	0,0974 ^{ns}	0,1180 ^{ns}
4	6,71	3,09	3,33	-	0,0018 ^{ns}	0,0612 ^{ns}
5	-4,68	-3,01	4,36	0,08	-	0,0010 ^{ns}
6	0,52	0,80	5,35	2,80	0,04	-

ns: não significativo

*: significativo a 5% de probabilidade

a/: obtidas pela comparação dos valores das heteroses com zero pelo teste t

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;
5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 20. Valores e significâncias^{a/} da heterose da porcentagem de raízes seminais (% RS) em relação à média dos parentais (acima da diagonal) e em porcentagem da média dos parentais (abaixo da diagonal) observadas nos híbridos intervarietais

	1	2	3	4	5	6
1	-	2,3870*	1,8457 ^{ns}	0,1528 ^{ns}	-0,0402 ^{ns}	-0,2666 ^{ns}
2	6,48	-	-1,8472 ^{ns}	-0,9724 ^{ns}	0,7643 ^{ns}	-0,9462 ^{ns}
3	5,10	-4,97	-	0,1876 ^{ns}	1,3882 ^{ns}	1,4688 ^{ns}
4	0,41	-2,56	0,50	-	-0,8660 ^{ns}	-2,4996*
5	-0,11	2,06	3,79	-2,31	-	0,7363 ^{ns}
6	-0,73	-2,52	3,98	-6,61	1,99	-

ns: não significativo

*: significativo a 5% de probabilidade

a/: obtidas pela comparação dos valores das heteroses com zero pelo teste t

1. Piranão VD₁; 2. Piranão VD₂; 3. Piranão VF₁; 4. Cimmyt br₂;

5. Composto H.S. Dent br₂; 6. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 21. Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises da variância das tabelas dialéticas para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRS e PRN, segundo a metodologia de GARDNER e EBERHART (1966)

Fontes de Variação	PTP		PPA		PTR		PRS		PRN	
	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²
Populações	(20)	1,4670**	(20)	0,6145**	(20)	0,2200 ^{ns}	(20)	0,0390 ^{ns}	(20)	0,1280 ^{ns}
Variedades	5	1,7840**	5	0,7340*	5	0,2820 ^{ns}	5	0,0400 ^{ns}	5	0,1800 ^{ns}
Heteroses	(15)	1,3613**	(15)	0,5740*	(15)	0,1993 ^{ns}	(15)	0,0380 ^{ns}	(15)	0,1100 ^{ns}
Heterose média	1	0,4400 ^{ns}	1	0,4500 ^{ns}	1	0,0000 ^{ns}	1	0,0000 ^{ns}	1	0,0000 ^{ns}
Heterose de variedades	5	1,5880*	5	0,5920 ^{ns}	5	0,2400 ^{ns}	5	0,0240 ^{ns}	5	0,1500 ^{ns}
Heterose específica	9	1,3367*	9	0,5778*	9	0,1978 ^{ns}	9	0,0500 ^{ns}	9	0,0999 ^{ns}
Erro médio ^{a/}	96(67) ^{b/}	0,5367	96(61) ^{b/}	0,2500	96	0,1350	96(68) ^{b/}	0,0200	96(68) ^{b/}	0,0850

ns: não significativo

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

^{a/}: obtido do erro experimental da análise conjunta da variância, dividido pelo número de repetições (r = 6)

^{b/}: graus de liberdade ajustados para utilização no teste F.

Tabela 22. Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises da variância das tabelas dialélicas para os caracteres NTR, NRS, NRN (transformados para $\sqrt{X}$) e % RS (transformado para Arc sen $\sqrt{\% RS}$), segundo a metodologia de GARDNER e EBERHART (1966)

Fontes de Variação	GL	QM x 10 ⁻²			
		NTR	NRS	NRN	% RS
Populações	(20)	0,7005*	0,4745 ^{ns}	0,6075*	106,7190*
Variedades	5	1,7200**	0,3680 ^{ns}	1,0740**	12,4680 ^{ns}
Heteroses	(15)	0,3600 ^{ns}	0,5093 ^{ns}	0,4513 ^{ns}	138,1360**
Heterose média	1	0,0600 ^{ns}	0,5300 ^{ns}	0,0000	4,2400 ^{ns}
Heterose de variedades	5	0,1940 ^{ns}	0,3160 ^{ns}	0,5960 ^{ns}	117,4300 ^{ns}
Heterose específica	9	0,4844 ^{ns}	0,6144 ^{ns}	0,4200 ^{ns}	164,5156*
Erro médio ^{a/}	96	0,2933	0,3733	0,2933	57,0967

ns: não significativo

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

^{a/}: obtido do erro experimental da análise conjunta da variância, dividido pelo número de repetições (r = 6).

Tabela 23. Estimativas dos parâmetros $\hat{v}_j$ (efeito de variedade) e $\hat{u}$ (média das variedades parentais) para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRN e PRS

$\hat{v}_j$'s	PTP	PPA	PTR	PRN	PRS
$\hat{v}_1$	0,2424	0,1498	0,0924	0,0673	0,0250
$\hat{v}_2$	-0,1729	-0,1019	-0,0713	-0,0376	-0,0338
$\hat{v}_3$	-0,1306	-0,0684	-0,0624	-0,0491	-0,0134
$\hat{v}_4$	-0,0313	-0,0289	-0,0009	-0,0282	0,0272
$\hat{v}_5$	0,0781	0,0258	0,0520	0,0601	-0,0081
$\hat{v}_6$	0,0141	0,0235	-0,0096	-0,0126	0,0029
$\hat{u}$	1,2610	0,7161	0,5451	0,3473	0,1977

Tabela 24. Estimativas dos parâmetros $\hat{v}_j$ (efeito de variedade) e $\hat{u}$ (média das variedades parentais) para os caracteres NTR, NRN, NRS e % RS

$\hat{v}_j$'s	NTR	NRN	NRS	% RS
$\hat{v}_1$	0,1490	0,1513	0,0648	-1,1680
$\hat{v}_2$	-0,0472	-0,0919	0,0335	0,6494
$\hat{v}_3$	-0,0464	-0,0339	-0,0354	-0,5260
$\hat{v}_4$	0,0411	-0,0310	-0,0770	1,2428
$\hat{v}_5$	-0,0747	0,0114	0,0341	-0,4375
$\hat{v}_6$	-0,0217	-0,0057	-0,0198	0,2394
$\hat{u}$	3,7625	3,0005	2,2324	37,0685

Tabela 25. Estimativas dos parâmetros $\hat{h}_j$ (heterose de variedade) e $\hat{h}$ (heterose média) para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRN e PRS

$\hat{h}_j$'s	PTP	PPA	PTR	PRN	PRS
$\hat{h}_1$	-0,0821	-0,0498	-0,0322	-0,0263	-0,0051
$\hat{h}_2$	0,1397	0,0853	0,0548	0,0339	0,0205
$\hat{h}_3$	0,0102	0,0031	0,0069	0,0027	0,0038
$\hat{h}_4$	0,0134	0,0107	0,0019	0,0128	-0,0114
$\hat{h}_5$	-0,1108	-0,0677	-0,0426	-0,0388	-0,0030
$\hat{h}_6$	0,0297	0,0185	0,0112	0,0157	-0,0049
$\hat{h}$	0,0321	0,0325	-0,0009	-0,0009	0,0003

Tabela 26. Estimativas dos parâmetros $\hat{h}_j$ (heterose de variedade) e $\hat{h}$ (heterose média) para os caracteres NTR, NRN, NRS e % RS

$\hat{h}_j$'s	NTR	NRN	NRS	% RS
$\hat{h}_1$	-0,0162	-0,0348	0,0192	0,8953
$\hat{h}_2$	-0,0008	0,0356	-0,0322	-0,2780
$\hat{h}_3$	-0,0068	-0,0284	0,0232	0,6364
$\hat{h}_4$	0,0332	0,0719	0,0442	-1,1237
$\hat{h}_5$	-0,0459	-0,0745	-0,0628	0,3713
$\hat{h}_6$	0,0365	0,0302	0,0084	-0,5012
$\hat{h}$	0,0125	-0,0020	0,0352	0,0994

Tabela 27. Estimativas dos parâmetros $\hat{s}_{jj}$'s (heterose específica ou capacidade específica de combinação) para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRN e PRS

$\hat{s}_{jj}$'s	PTP	PPA	PTR	PRN	PRS
$\hat{s}_{12}$	0,0369	0,0826	0,0224	0,0056	0,0159
$\hat{s}_{13}$	0,1174	0,0438	0,0600	0,0395	0,0197
$\hat{s}_{14}$	0,0942	0,0686	0,0179	0,0102	0,0069
$\hat{s}_{15}$	-0,1129	-0,1558	-0,0421	-0,0242	-0,0149
$\hat{s}_{16}$	-0,1356	-0,0756	-0,0583	-0,0311	-0,0278
$\hat{s}_{23}$	0,0776	0,2002	-0,0018	0,0033	-0,0046
$\hat{s}_{24}$	-0,1103	0,0474	-0,0289	-0,0399	0,0115
$\hat{s}_{25}$	-0,0591	0,0176	-0,0268	-0,0005	-0,0270
$\hat{s}_{26}$	0,0549	0,1562	0,0352	0,0315	0,0042
$\hat{s}_{34}$	-0,1342	-0,0362	-0,0511	-0,0268	-0,0237
$\hat{s}_{35}$	0,0049	-0,0339	0,0069	0,0089	-0,0028
$\hat{s}_{36}$	-0,0657	0,0014	-0,0141	-0,0250	0,0114
$\hat{s}_{45}$	0,0854	0,0176	0,0435	0,0239	0,0188
$\hat{s}_{46}$	0,0647	0,1083	0,0187	0,0327	-0,0136
$\hat{s}_{56}$	0,0817	0,0466	0,0185	-0,0081	0,0258

Tabela 28. Estimativas dos parâmetros $\hat{s}_{jj}$'s (heterose específica ou capacidade específica de combinação) para os caracteres NTR, NRN, NRS e % RS

$\hat{s}_{jj}$'s	NTR	NRN	NRS	% RS
$\hat{s}_{12}$	0,0437	0,0087	0,1012	1,6702
$\hat{s}_{13}$	-0,0315	-0,0265	-0,0024	0,2145
$\hat{s}_{14}$	0,0769	0,0212	0,0507	0,2817
$\hat{s}_{15}$	-0,1018	-0,0026	-0,0985	-1,4063
$\hat{s}_{16}$	0,0102	-0,0008	-0,0510	-0,7602
$\hat{s}_{23}$	-0,0079	0,0669	-0,1202	-2,3052
$\hat{s}_{24}$	0,0492	-0,0230	0,0210	0,3299
$\hat{s}_{25}$	-0,1009	-0,0727	-0,0085	0,5715
$\hat{s}_{26}$	0,0753	0,0201	0,0065	-0,2664
$\hat{s}_{34}$	-0,0493	-0,0818	-0,0302	0,5755
$\hat{s}_{35}$	0,1012	0,0980	0,1017	0,2811
$\hat{s}_{36}$	0,0228	-0,0564	0,0511	1,2341
$\hat{s}_{45}$	-0,0006	0,0119	-0,0148	-0,2130
$\hat{s}_{46}$	0,1192	0,0717	-0,0267	-0,9742
$\hat{s}_{56}$	-0,0189	-0,0346	0,0201	0,7667

Tabela 29. Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises conjuntas da variância para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRS e PRN avaliados em plantas jovens. Blocos ao acaso, 3 repetições, 2 épocas

Fontes de Variação	PTP		PPA		PTR		PRS		PRN	
	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²	GL	QM x 10 ⁻²
Blocos/Épocas	4	7,9425**	4	11,3075 ^{ns}	4	0,8046**	4	0,1925**	4	0,2392**
Tratamentos (T)	(9)	8,4089**	(9)	6,5904 ^{ns}	(9)	0,2267 ^{ns}	(9)	0,0800 ^{ns}	(9)	0,0833 ^{ns}
Entre S _O	4	6,4700**	4	4,3825 ^{ns}	4	0,2675 ^{ns}	4	0,1150*	4	0,1150 ^{ns}
Entre S ₁	4	0,7275 ^{ns}	4	0,7325 ^{ns}	4	0,1575 ^{ns}	4	0,0325 ^{ns}	4	0,0625 ^{ns}
S _O vs S ₁	1	46,8900**	1	38,8500 ^{ns}	1	0,3400 ^{ns}	1	0,1300 ^{ns}	1	0,0400 ^{ns}
Épocas (E)	1	68,1800**	1	29,4560 ^{ns}	1	7,8800**	1	0,5200**	1	4,3000**
T x E	9	2,4300 ^{ns}	9(9) ^{a/}	19,3937 ^{ns}	9	0,0789 ^{ns}	9	0,0089 ^{ns}	9	0,0700 ^{ns}
Erro médio	36	1,5050	36(21) ^{a/}	11,8592	36	0,1449	36	0,0339	36	0,0515
<hr/>										
Coefficiente de variação (%)		12,75		46,33		17,20		21,27		18,08
Média		0,9605		0,7433		0,2175		0,0940		0,1237

ns: não significativo

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

a/: graus de liberdade estimados para utilização no teste F.

Tabela 30. Valores e significâncias dos quadrados médios obtidos nas análises conjuntas da variância para os caracteres NTR, NRS, NRN (transformados para $\sqrt{X}$) e % RS (transformado para $\text{Arc sen } \sqrt{\% \text{ RS}}$), avaliados em plantas jovens. Blocos ao acaso, 3 repetições, 2 épocas

Fontes de Variação	GL	QM			
		NTR	NRS	NRN	% RS
Blocos/Épocas	4	0,0201 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	0,0330 ^{ns}	3,4814 ^{ns}
Tratamentos (T)	(9)	0,0606**	0,0539**	0,0293*	5,4238*
Entre S ₀	4	0,0721**	0,0726**	0,0205 ^{ns}	5,1027 ^{ns}
Entre S ₁	4	0,0302 ^{ns}	0,0177 ^{ns}	0,0350*	4,7294 ^{ns}
S ₀ vs S ₁	1	0,1367**	0,1242**	0,0420 ^{ns}	9,4859*
Épocas (E)	1	0,1241**	0,1105**	0,0423 ^{ns}	6,7811 ^{ns}
T x E	9	0,0054 ^{ns}	0,0078 ^{ns}	0,0034 ^{ns}	2,1956 ^{ns}
Erro médio	36	0,0133	0,0075	0,0120	2,0638
Coeficiente de variação (%)		3,24	4,13	3,83	3,97
Média		3,5590	2,0954	2,8615	36,1979

ns: não significativo

*, **: significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 31. Médias observadas (g/planta) em cinco populações de milho (V_j) e as respectivas populações autofecundadas por uma geração (V_{js}) para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRS e PRN. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela

	PTP	PPA	PTR	PRS	PRN
V_1	1,2197	0,9663	0,2533	0,1117	0,1417
V_{1s}	0,8775	0,6615	0,2160	0,0945	0,1215
V_2	1,0472	0,8292	0,2180	0,1013	0,1167
V_{2s}	0,8955	0,6875	0,2080	0,0940	0,1140
V_3	0,9408	0,7428	0,1977	0,0883	0,1093
V_{3s}	0,8318	0,6067	0,2252	0,0932	0,1320
V_4	1,0038	0,7848	0,2190	0,0807	0,1383
V_{4s}	0,9138	0,6963	0,2175	0,0882	0,1293
V_5	1,0330	0,7955	0,2375	0,1113	0,1262
V_{5s}	0,8418	0,6620	0,1832	0,0772	0,1077

V_1 . Piranão VD₂; V_2 . Piranão VF₁; V_3 . Cimmyt br₂; V_4 . Composto H.S. Dent br₂; V_5 . Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 32. Médias observadas em cinco populações de milho (V_j) e as respectivas populações autofecundadas por uma geração (V_{js}) para os caracteres NTR, NRN, NRS e % RS. Médias de 6 repetições, 10 plantas por parcela

	NTR	NRS	NRN	%RS
V_1	14,00	5,21	8,70	37,37
V_{1s}	12,70	4,53	8,08	34,82
V_2	13,48	4,91	8,47	36,98
V_{2s}	12,06	4,32	7,67	36,03
V_3	13,04	4,53	8,44	35,12
V_{3s}	13,01	4,11	8,78	31,36
V_4	11,94	4,06	7,80	34,18
V_{4s}	12,06	4,10	7,87	34,54
V_5	12,63	4,24	7,81	34,09
V_{5s}	11,83	3,96	8,31	33,64

V_1 . Piranão VD₂; V_2 . Piranão VF₁; V_3 . Cimmyt br₂; V_4 . Composto H.S. Dent br₂; V_5 . Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 33. Depressão por endogamia (%) em cinco populações de milho após uma geração de autofecundação para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRS e PRN

	PTP	PPA	PTR	PRS	PRN
V ₁	20,06	31,54	14,73	15,40	14,26
V ₂	14,49	17,09	4,59	7,21	2,31
V ₃	11,59	18,32	-13,91	- 5,55	-20,77
V ₄	8,96	11,28	0,68	- 9,29	6,51
V ₅	18,51	16,78	22,86	30,64	14,66

Tabela 34. Depressão por endogamia (%) em cinco populações de milho após uma geração de autofecundação, para os caracteres NTR, NRS, NRN e % RS

	NTR	NRS	NRN	% RS
V ₁	4,76	6,79	3,60	4,04
V ₂	5,38	6,19	4,85	1,49
V ₃	0,11	4,77	-2,02	6,29
V ₄	-0,48	-0,46	-0,44	-0,61
V ₅	3,21	3,42	3,06	0,77

V₁. Piranão VD₂; V₂. Piranão VF₁; V₃. Cimmyt br₂;

V₄. Composto H.S. Dent br₂; V₅. Composto H.S. Flint br₂.

Tabela 35. Valor médio estimado de linhas puras tomadas ao acaso ($\hat{u} + \hat{a}_j$) e componente dominante de $\underline{m\hat{e}}$ dias ($\hat{d}_j$) de cinco variedades de milho obtidos conforme GARDNER (1965) para os caracteres PTP, PPA, PTR, PRS e PRN, avaliados em plantas jovens

	PTP		PPA		PTR		PRS		PRN	
	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$
V_1	0,5353	0,6844	0,3567	0,6096	0,1787	0,0746	0,0773	0,0344	0,1013	0,0404
V_2	0,7438	0,3034	0,5458	0,2834	0,1980	0,0200	0,0867	0,0146	0,1113	0,0054
V_3	0,7228	0,2180	0,4706	0,2722	0,2527	-0,0550	0,0981	-0,0098	0,1547	-0,0454
V_4	0,8238	0,1800	0,6078	0,1770	0,2160	0,0030	0,0957	-0,0150	0,1203	0,0180
V_5	0,6504	0,3826	0,5285	0,2670	0,1289	0,1086	0,0431	0,0682	0,0892	0,0370

V_1 . Piranão VD_2 ; V_2 . Piranão VF_1 ; V_3 . Cimmyt br_2 ; V_4 . Composto H.S. Dent br_2 ;
 V_5 . Composto H.S. Flint br_2 .

Tabela 36. Valor médio estimado de linhas puras tomadas ao acaso ($\hat{u} + \hat{a}_j$) e componente dominante de mé-
dias ($\hat{d}_j$) de cinco variedades de milho obtidos conforme GARDNER (1965) para os caracteres
NTR, NRS, NRN e % RS, avaliados em plantas jovens

	NTR		NRS		NRN		% RS	
	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$	$\hat{u} + \hat{a}_j$	$\hat{d}_j$
V ₁	3,3854	0,3566	1,9734	0,3100	2,7365	0,2124	34,6370	3,0490
V ₂	3,2760	0,3950	1,9417	0,2744	2,6283	0,2824	36,3220	1,1330
V ₃	3,6037	0,0076	1,9266	0,2030	3,0221	-0,1174	35,8009	1,0876
V ₄	3,4890	-0,0332	2,0343	-0,0186	2,8172	-0,0248	36,2171	-0,4398
V ₅	3,3252	0,2282	1,9185	0,1410	2,9710	-0,1762	35,1721	0,5524

V₁. Piranão VD₂; V₂. Piranão VF₁; V₃. Cimmyt br₂; V₄. Composto H.S. Dent br₂;
V₅. Composto H.S. Flint br₂.

APÊNDICES

Apêndice 1. Composição química da solução nutritiva. HOAGLAND e ANON
(1938)

Soluções estoque ^{a/}		mℓ/litro de água
K H ₂ PO ₄	M	1
K NO ₃	M	5
Ca(NO ₃) ₂	M	5
Mg SO ₄	M	2
Micronutrientes ^{b/}		1
Fe-EDTA ^{c/}		1

a/: Preparadas (exceto b/ e c/) pela dissolução de 1 M da substância com-
pletando a um litro.

b/: A solução de micronutrientes tem a seguinte composição (g/ℓ):

H₃BO₃, 2,86; Mn Cl₂·4H₂O, 0,1,81; ZnCl₂, 0,10; CuCl₂, 0,04; H₂MoO₄·H₂O, 0,02.

c/ Fe.EDTA: Dissolver 26,1 g de EDTA dissódico em 286 mℓ de NaOH N, mis-
turar com 24,9 g de Fe SO₄·7H₂O. Arejar por uma noite e completar a um
litro.

Apêndice 2. Temperaturas ambientes máximas, mínimas e médias ($^{\circ}\text{C}$)^{a/} observadas durante as épocas de realização dos experimentos para avaliação dos efeitos heteróticos e endogâmicos em caracteres do sistema radicular. ESALQ-USP

	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Época 1	Época 2
Heterose	Máxima	27,3	25,4
	Mínima	20,6	18,4
	Média	24,1	22,8
Endogamia	Máxima	27,3	26,3
	Mínima	20,6	18,5
	Média	24,1	23,6

Época 1: 20 de janeiro a 16 de fevereiro de 1982 (para heterose e endogamia)

Época 2: 17 de março a 13 de abril de 1982 (para heterose)

Época 2: 12 de novembro a 8 de dezembro de 1982 (para endogamia)

^{a/}: Fornecidas pelo Posto Meteorológico do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, Piracicaba.