**AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES COM DIFERENTES NÍVEIS DE
INTROGRESSÃO DE LINHAGENS ELITES PARA PROGRAMAS
DE MELHORAMENTO DE MILHO (*Zea mays* L.)**

ARI ESTEVES
Engenheiro Agrônomo

Orientador: **Prof. Dr. CLÁUDIO LOPES DE SOUZA JUNIOR**

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

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
MAIO - 1999

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Esteves, Ari

Avaliação de populações com diferentes níveis de introgressão de linhagens elites para programas de melhoramento de milho (*Zea mays* L.) / Ari Esteves. - - Piracicaba, 1999.

118 p.

Tese (doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
Bibliografia.

1. Cruzamento dialélico 2. Genética de população 3. Híbridação 4. Linhagem vegetal 5. Melhoramento genético vegetal 6. Milho híbrido I. Título

CDD 633.15

ERRATA

p.	item	linha	onde se lê	leia-se
v	SUMÁRIO	décima primeira	O melhoramento de população	O melhoramento de populações
xii	LISTA DE TABELAS	décima terceira	...médios de prolificidade ...	...médios de acamamento (AC%), prolificidade....
xiv	RESUMO	segunda	... PARA PROGRAMA...	... PARA PROGRAMAS...
xviii	SUMMARY	quinta	... LOPES OF SOUZA...	... LOPES DE SOUZA...
1	1	décima primeira	... simples, pois, resultam ...	... simples, pois resultam ...
21	3.1	quarta	... flint ...	... duro ...
23	3.3	nona	... da população base ...	... das populações base ...
24	3.4	oitava	... referem-se	... refere-se ...
27	3.5	sétima	$TAC\% = \sqrt{AC\% + 1}$	$TAC\% = \sqrt{AC\% + 1}$
28	3.6	segunda	$\sqrt{x + 1}$	$\sqrt{x + 1}$
29	3.7	décima primeira	... no ambiente l;	... no ambiente k;
29	3.7	décima segunda	... dos experimentos	... dos experimentos;
29	3.7	décima terceira	... da repetição; no ambiente...	... da repetição no ambiente ...
29	3.7	décima quarta	... ambiente k	... ambiente k;
30	3.8	décima quinta	... + p _i + l _{ij/k} +...	... + p _i + (pa) _{ik} + e _{ij/k} +...
31	3.8	(terceira)	(acrescentar)	(pa) _{ik} = efeito da interação entre a população i e o ambiente k;
38	3.10	terceira e quarta	... o método iv de Griffing (1956).	... o método de análise para dialélico parcial.
38	3.10	oitava	Y _{ijk} = valor ...	Y _{ij} = valor ...
38	3.10	(nona)	(acrescentar)	m = média geral;
39	3.11	oitava	$\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$
40	4.1	sexta	... (Tabela 6).	... (Tabelas 6 e 7).
41	4.1.1	décima terceira	... 18,28% ...	... 16,28% ...
46	4.1.2	sétima	... permancendo	... permanecendo ...
53	4.1.3	segunda	... significativa para AC, ...	... significativa para AP, AC, ...
55	4.1.3	décima quinta	... para AP, AC, POPUL, ...	... para AC, PROL, PGRÃO, ...
63	4.2.1	quarta	... L-14 4B ...	...L-14-4B ...
66	4.2.2	décima oitava	Y _{ij} = u +	Y _{ij} = m + ...
100	Tabela 17	primeira	... médias de prolificidade ...	...médias de acamamento (AC%), prolificidade ...
101	Tabela 18		(substituir Tabela)	(Tabela em anexo)
102	Tabela 19	quinquagésima	(Hib. IG-3xHib. IG-4) x A (CEC)	(Hib. IG-3 x Hib. IG-4) (CEC) x A
103	Tabela 20	quinquagésima primeira	(Hib. IG-3xHib. IG-4) x A (CEC)	(Hib. IG-3 x Hib. IG-4) (CEC) x A
107	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	vigésima quarta	... Mapgen, 1997.	. Mapgen. Departamento de Matemática e Estatística. Universidade Federal de Lavras, 1997.

Dedico para:

BRUNO MANCEBO ESTEVES

AUGUSTO CESAR VANNUCCI

(*in memoriam*) pela percepção extra-sensorial.

IRIS REZENDE MACHADO,

pelo incentivo à produtividade, os desafios do Mercosul,
e o anúncio de uma Nova Era !

À todas as pessoas que se dedicam à informação
e à colaboração.

AGRADECIMENTOS

Aos Diretores da EMGOPA (Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária): Paulo Roberto Costa Ferreira, Bernardo Hassel Mendes da Silva e Carlos César de Queiroz, pela oportunidade de realizar o Curso de Pós-Graduação, em nível de Doutorado.

À EMATER-GO (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Goiás), pela possibilidade de continuar no Curso de Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Cláudio Lopes de Souza Junior, pela oportunidade de participar de suas atividades de pesquisa e informações.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela Bolsa de Estudos.

Aos funcionários do Departamento de Genética da ESALQ/USP: Antonio Juscelino Desidério, Ariberto Soares de Oliveira e Miguel Ribeiro de Camargo Filho, pela colaboração nos trabalhos de campo.

Ao Engº. Agrº. Claudio Segateli e sua equipe, pelas atividades nos ensaios conduzidos em Piracicaba-SP.

Aos funcionários da EMATER-GO: Eurípedes Barbosa de Amorim, Paulo Henrique Fabiano, Nilson Lopes, Antonio José Alves Moreira e Sebastião Gonçalves de Lima, pela colaboração nos ensaios realizados em Senador Canedo-GO.

À Sementes Agrocere S.A., ao Eng^o. Agr^o. José Neuto Paini e ao Dr. Valdemar Napolini Filho, pela condução dos experimentos em Rio Claro-SP e Santa Cruz das Palmeiras-SP.

Ao Bruno Mancebo Esteves, Galo Mario Caviedes Cepeda, Rogério de Melo Costa Pinto, Rhainer Gleico Cardoso e Juan Carlos Perez Velasquez, pela colaboração na coleta de dados.

Ao Prof. Carlos Tadeu dos Santos Dias, Prof^a. Maria Cristina Stolf Nogueira, Marcelo Alves Correa, Gil Santos e Rhainer Gleico Cardoso, pelas informações sobre informática e auxílio na programação SAS.

Ao Prof. Isaías Olívio Geraldi, pelo aval do aluguel.

À Clotilde Maria Batochio Cunha, pelos serviços de digitação.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
RESUMO.....	xiv
SUMMARY.....	xvii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 O milho híbrido.....	4
2.2 A escolha de populações.....	7
2.3 O melhoramento de população.....	10
2.4 Reciclagem de linhagens.....	15
2.5 Cruzamentos dialélicos.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Material genético inicial.....	21

3.2 Síntese das populações base.....	22
3.3 Obtenção do material genético experimental.....	23
3.4 Método experimental.....	24
3.5 Características avaliadas.....	25
3.6 Análise da distribuição dos dados.....	27
3.7 Análise de variância dos experimentos de avaliação de linhagens e topcrosses.....	29
3.8 Análise de variância para o experimento de blocos ao acaso, (em faixas).....	30
3.9 Análise de variância para o experimento de blocos ao acaso, com as populações e híbridos (dialélico parcial).....	34
3.10 Estimativas da capacidade de combinação.....	38
3.11 A comparação de médias.....	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1. Avaliação das linhagens <i>per se</i> e dos topcrosses.....	40
4.1.1 Avaliação das linhagens.....	40
4.1.2 Avaliação dos topcrosses.....	45
4.1.3 A análise de variância conjunta, para o experimento em blocos ao acaso, em faixas (linhagens e topcrosses).....	50
4.1.4 Distribuições e variâncias fenotípicas.....	55
4.1.4.1 Variâncias fenotípicas das linhagens.....	57

4.1.4.2 Variâncias fenotípicas dos topcrosses.....	59
4.2 Avaliação das populações em cruzamentos dialélicos.....	60
4.2.1 Médias das populações e híbridos.....	60
4.2.2 Análise estatística-genética: capacidade geral e específica de combinação.....	64
4.2.3 A análise de variância conjunta para o experimento em blocos ao acaso com as populações e os híbridos (dialélico parcial).....	67
4.3 Considerações gerais.....	71
5 CONCLUSÕES.....	73
ANEXO A (Figuras).....	75
ANEXO B (Tabelas).....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Distribuição de freqüência do peso de espigas por planta (g/planta), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG-3.....	76
2 Distribuição de freqüência do peso de espigas por planta (g/planta), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG-4.....	77
3 Distribuição de freqüência do peso de espigas por planta (g/planta), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG-3.....	78
4 Distribuição de freqüência do peso de espigas por planta (g/planta), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG-4.....	79
5 Distribuição de freqüência da altura da planta (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG-3.....	80
6 Distribuição de freqüência da altura da planta (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG-4.....	81
7 Distribuição de freqüência da altura da planta (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG-3.....	82

8	Distribuição de frequência da altura da planta (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG-4.....	83
9	Distribuição de frequência da altura da espiga (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG-3.....	84
10	Distribuição de frequência da altura da espiga (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG-4.....	85
11	Distribuição de frequência da altura da espiga (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG-3.....	86
12	Distribuição de frequência da altura da espiga (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG-4.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 - Populações obtidas pelo cruzamento e retrocruzamento com as linhagens elite e as populações IG-3 e IG-4.....	22
2 - Híbridos obtidos no esquema dialélico parcial com as populações base.....	23
3 - Esquema da análise de variância conjunta considerando linhagens ou topcrosses.....	30
4 - Esquema da análise de variância conjunta dos experimentos em blocos casualizados, em faixas, com desdobramento dos graus de liberdade.....	32
5 - Esquema da análise de variância conjunta como blocos ao acaso, com populações e híbridos (dialélico parcial) e desdobramento dos graus de liberdade.....	36
6- Valores médios de altura da planta (cm) (AP), altura da espiga (cm) (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), percentagem de acamamento (AC), para as linhagens e topcrosses de cada população.....	89

7- Valores médios de prolificidade (PROL), população (POPUL) (plantas por hectare), peso de grãos (PGRÃO) (kg/ha e U = 15,5%) e peso de espigas despalhadas (PESP) (g/planta), para as linhagens e topcrosses de cada população.....	90
8 - Resumo da análise de variância conjunta (QM e Teste F), do experimento de blocos ao acaso , em faixas, para as características: altura da planta (AP, cm), altura da espiga (AE, cm), posição relativa da espiga (AE/AP), acamamento (AC).....	91
9 - Resumo da análise de variância conjunta do experimento de blocos ao acaso , em faixas, para as características: prolificidade (PROL), população (POPUL, plantas/ha), peso de grãos (PGRÃO, kg/ha e U = 15,5%) e peso de espigas (PESP, g/planta)..	92
10 – Valores de estatísticas e distribuição dos dados para peso de espigas por planta (g/planta) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG-3.....	93
11 – Valores de estatísticas e distribuição dos dados para peso de espigas por planta (g/planta) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG-4.....	94
12 – Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da planta (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG-3.....	95

13 – Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da planta (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG-4.....	96
14 – Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da espiga (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG-3.....	97
15 – Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da espiga (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG-4.....	98
16 – Valores médios de altura de planta (cm) (AP), altura da espiga (cm) (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), para as populações e os híbridos (dialélico parcial).....	99
17 – Valores médios de prolificidade (PROL), população (POPUL) (plantas/ha) e peso de grãos (PGRÃO) (kg/ha e U = 15,5%), para as populações e os híbridos (dialélico parcial).....	100
18 – Valores para capacidade de combinação das populações (CGC) e dos híbridos (CEC) para as características altura da planta (AP), altura da espiga (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), acamamento (AC), prolificidade (PROL) e peso de grãos (PGRÃO).....	101

19 - Resumo da análise de variância conjunta (QM e Teste F) para altura da planta (AP), altura da espiga (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), acamamento (AC), para o experimento com as populações e híbridos (dialélico parcial).....	102
20 - Resumo da análise de variância conjunta (QM e Teste F) para prolificidade (PROL), população de plantas (POPUL) e peso de grãos (PGRÃO), para o experimento com as populações e híbridos (dialélico parcial).....	103

**AVALIAÇÃO DE POPULAÇÕES COM DIFERENTES NÍVEIS DE
INTROGRESSÃO DE LINHAGENS ELITES PARA PROGRAMA
DE MELHORAMENTO DE MILHO (*Zea mays* L.)**

Autor: ARI ESTEVES

Orientador: Prof. Dr. CLÁUDIO LOPES DE SOUZA JUNIOR

RESUMO

O potencial genético da performance dos híbridos de linhagens endogâmicas é determinado pelas performances das populações *per se*, de onde as linhagens são obtidas, e de seus cruzamentos. As populações usualmente utilizadas são aquelas desenvolvidas de cruzamentos de linhagens elites e de populações sob seleção recorrente.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a introgressão de linhagens elites em populações do mesmo grupo heterótico, para formar populações com potencial superior para a extração de linhagens superiores *per se* e em cruzamentos, do que aquelas extraídas das populações originais, isto é, sem introgressão de linhagens elites.

Foram utilizados os sintéticos IG-3 e IG-4 que possuem grãos duros alaranjados e dentados amarelos, formados de oito linhagens e de dez

linhagens das populações BR-105 e BR-106, respectivamente. As linhagens elites utilizadas foram a L-23-2B e a L-14-4B pertencentes ao grupo heterótico do sintético IG-3 e do IG-4, respectivamente.

Cada sintético (população) foi cruzado e retrocruzado, com a linhagem elite do mesmo grupo heterótico gerando as populações base: IG-3 100, IG-3 75, IG-3 50, IG-3 25, e IG-4 100, IG-4 75, IG-4 50 e IG-4 25, onde os números de 100 a 25 representam a proporção de germoplasma da população original. De cada população foram obtidas linhagens S_2 e uma mistura dessas linhagens foi cruzada com a linhagem elite do outro grupo heterótico. As linhagens e os cruzamentos (topcrosses) de cada população foram avaliados em experimentos em faixas em blocos completamente casualizados. As populações base foram cruzadas segundo o esquema dialélico parcial 4 x 4, onde as populações do grupo IG-3 foram cruzadas com as de IG-4. Os cruzamentos dialélicos foram avaliados em experimento em blocos completamente casualizados. Os experimentos foram avaliados em nove ambientes, com dez repetições por ambiente.

Os resultados mostraram que a introgressão da linhagem L-23-2B na população IG-3, tendeu a reduzir a produção de grãos nas linhagens com a introgressão da linhagem, embora as linhagens da população IG-3 25 (75% de germoplasma da linhagem) apresentou a maior produção de grãos. Os mesmos resultados foram observados para os topcrosses. A introgressão da linhagem L-14-4B na população IG-4, tendeu a aumentar a produção de grãos nas linhagens com o aumento da proporção da linhagem elite. Os mesmos

resultados foram obtidos para os topcrosses e a maior produtividade foi verificada para a população IG-4 25.

A capacidade geral de combinação (CGC) das populações do grupo IG-3 aumentou com o aumento da introgressão da linhagem L-23-2B. O mesmo não ocorreu com as populações do grupo IG-4, onde a população original apresentou a maior CGC. O maior valor para capacidade específica de combinação (CEC) foi obtida para o cruzamento IG-3 25 x IG-4 25.

As variâncias fenotípicas para peso das espigas não apresentaram tendências de redução com o nível de introgressão das linhagens. As estimativas das populações com 75% de introgressão das linhagens não diferiram das populações originais, tanto para as linhagens quanto para os topcrosses.

Esses resultados mostram que a introgressão de linhagens elites em populações pode ser utilizada para melhorar o potencial destas para a extração de linhagens e produção de híbridos.

**EVALUATION OF POPULATIONS WITH DIFFERENT LEVELS OF
ELITE LINES INTROGRESSION FOR MAIZE (*Zea mays* L.)
BREEDING PROGRAMS**

Author: ARI ESTEVES

Adviser: Dr. CLÁUDIO LOPES OF SOUZA JUNIOR

SUMMARY

The potential performance of maize hybrids are determined from the performances of the populations, from where the inbred lines are derived, and their crosses. Usually, the source populations in hybrid breeding programs are developed from crosses of elite inbred lines, and from populations under recurrent selection programs.

The objective of this research was to evaluate the introgression of elite lines into populations from the same heterotic group, aimed to develop source populations with greater genetic potential than the original populations for hybrid breeding programs.

Genetic materials used in this research included two maize populations and two elite lines. The maize populations were IG-3 and IG-4 derived from the intercrossing of 8 and 10 elite lines from BR-105 and BR-106

maize populations, respectively. The elite inbreds lines were L-23-2B and L-14-4B, derived from BR-105 and BR-106 maize populations, respectively. BR-105 and BR-106 maize populations are from different heterotic groups, and, also, their derived populations and lines.

Each populations was crossed and backcrossed to the elite line from the same heterotic group generating the following base populations: IG-3 100, IG-3 75, IG-3 50, IG-3 25, and IG-4 100, IG-4 75, IG-4 50 and IG-4 25 wherein the numbers from 100 to 25 represent the proportion of the germoplasm of original populations in the base populations. From each base population S_2 lines were obtained and a mixture of these lines were used to represent the S_2 lines from them; also, these mixture of S_2 lines from each population was crossed to the elite line from the opposite heterotic group generating the topcrosses. The mixture of the S_2 lines and their crosses from each population were evaluated in split-blocks following a randomized complete block design. The base populations were, also, crossed following a partial diallel design, wherein the populations from IG-3 group were crossed to the populations from IG-4 group. Those crosses were evaluated in experiments following a randomized complete block design. All experiments were evaluated in 9 environments, with 10 replications per environment.

Results showed a tendency to reduce the grain yield in the lines from IG-3 group with the introgression of the line L-23-2B, although the population IG-3 25 (75% of the germplasm from the line) showed the highest

grain yield. The same results were observed for the crosses from IG-3 group. In the IG-4 group, there was a tendency to increase grain yield of the lines as the proportion of the elite lines in the populations increased. The same results were, also, observed for the crosses, and the highest grain yield was observed for IG-4 25.

The general combining ability (GCA) for grain yield for IG-3 populations increased as the proportions of the elite line L-23-2B increased in the base population. The same trend was not observed for the IG-4, and the original population (IG-4 100) showed the highest GCA. For the specific combining ability the highest value was observed for the cross of the populations with the highest proportion of introgression of the lines, i.e., IG-3 25 x IG-4 25.

There was no trend in reducing the phenotypic variances for grain yield with the introgression of the lines in both groups of populations for both the S_2 lines and their crosses. The estimates of phenotypic variances of the original populations (IG-3 100 and IG-4 100) did not differ significantly from those populations with the highest proportion of introgression of lines (IG-3 25 and IG-4 25) for the S_2 lines as well as for the crosses.

These results suggest that the introgression of elite lines into populations can be used to develop new improved source populations, enhancing their genetic potential for developing inbred lines and hybrids.

1 INTRODUÇÃO

O uso de sementes de milho híbrido tem possibilitado o aumento da produtividade das lavouras de milho. Da mesma forma, a contribuição dos melhoristas de milho tem sido importante para os aumentos na produtividade do milho híbrido.

Há diversos tipos de híbridos, mas os mais utilizados comercialmente, são os obtidos pelo cruzamento de linhagens endogâmicas. As linhagens podem ser extraídas de qualquer cultivar, que apresente variabilidade genética, e são obtidas, geralmente, através de autofecundações sucessivas.

As plantas de uma população heterogênea de milho são essencialmente híbridos simples, pois, resultam da união de dois gametas. Se uma amostra aleatória de linhagens endogâmicas for obtida de uma população de milho, os híbridos simples resultantes do cruzamento entre essas linhagens, representam as combinações genotípicas, que ocorrem na população original, e ocorrem com a mesma probabilidade (Comstock, 1964). Portanto, com uma amostragem esgota-se a possibilidade de obtenção de genótipos superiores na população. Para aumentar a probabilidade de obtenção de híbridos superiores na população amostrada, antes, é necessário aumentar a probabilidade de

ocorrência de genótipos superiores na população base, o que corresponde ao aumento da frequência de alelos favoráveis na população.

Atualmente, são utilizadas duas formas para a reutilização das linhagens elites existentes e das populações amostradas para extração das linhagens: a reciclagem das linhagens elites e a aplicação de métodos de seleção recorrente nas populações. Estes dois processos são considerados complementares (Hallauer, 1990).

A reciclagem das linhagens elites consiste em se formar variedades sintéticas, populações F_2 ou de retrocruzamento, de onde serão extraídas novas linhagens, com as características adequadas que poderiam estar dispersas nas linhagens iniciais. Atualmente, a ênfase é para a síntese de populações derivadas do cruzamento de linhagens elites do mesmo grupo heterótico e, especialmente as populações derivadas do cruzamento de apenas duas linhagens e aquelas oriundas de retrocruzamentos para uma das linhagens genitoras. Esse procedimento traz uma série de vantagens como o de facilitar a obtenção de linhagens e o melhoramento das linhagens elites existentes. Contudo, como, normalmente, o número de linhagens elites é pequeno, isso promove a redução da variabilidade genética, diminuindo a possibilidade de obtenção de híbridos superiores aos já existentes. Para evitar isso, é necessário incorporar ao procedimento, novas linhagens obtidas de populações submetidas à seleção recorrente (Hallauer et al., 1988).

A aplicação de métodos de seleção recorrente, nas populações amostradas, visa o aumento da frequência de genes favoráveis. A reciclagem de linhagens elites e a seleção recorrente são eficientes, e a primeira pode ser considerada para obtenção de resultados a curto prazo, enquanto a segunda, para resultados a longo prazo (Hallauer et al., 1988).

Nesta pesquisa, foram associadas características dos dois processos, anteriormente citados, para originar um novo processo de reutilização das linhagens elites, e das populações amostradas. Dessa forma, uma linhagem elite é cruzada com a população original, cuja população resultante será utilizada para a extração de linhagens. O objetivo desta pesquisa consistiu na avaliação de linhagens de milho obtidas de populações oriundas de cruzamentos de linhagens elites com as populações originais, para avaliar a eficiência do processo na síntese de populações base para a obtenção de linhagens superiores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O milho híbrido

No século XIX, os agricultores utilizavam-se dos cultivares de polinização livre. Algum esforço foi feito para a produção de cruzamentos entre populações de polinização livre (Beal, 1880). Os cruzamentos eram feitos indiscriminadamente entre os cultivares, e a performance desses não era consistentemente diferente dos cultivares *per se*, o que não estimulou o seu uso pelos agricultores (Rickey, 1922). As deficiências para demonstrar que os cruzamentos eram melhores do que os cultivares *per se* foram: a variabilidade genética dentro de cultivares, as técnicas de amostragem para produzir os cruzamentos, os cultivares testados e as técnicas experimentais (Rickey, 1922).

A obtenção de híbridos através de endogamia e hibridação, foi descrita no início do século XX, por Shull (1908, 1909, 1910) e East (1908, 1909). Essa técnica possibilita a produção de sementes em larga escala, pois ao selecionar um híbrido de linhagens endógamas, essas linhagens são fixadas e reproduzidas indefinidamente, o que permite reconstituir o híbrido, através de cruzamentos controlados.

Shull (1908), estudou a variabilidade dentro de uma população de milho e concluiu que uma população de polinização livre inclui vários genótipos, e que por endogamia, pode-se ter uma série de linhagens puras. Shull (1909), inter cruzou as linhagens puras e observou que o vigor era restaurado nos cruzamentos (híbridos simples). Shull (1909, 1910) com base nos seus estudos, sugeriu o seguinte procedimento: autofecundar dentro de uma população heterozigota para obter as linhagens puras; realizar os cruzamentos entre as linhagens, e avaliar os cruzamentos para determinar os mais produtivos. Shull (1910) estava convencido de que o método tinha potencial para melhorar a produtividade do milho.

Nessa época, as conclusões sobre a composição de um cultivar de polinização livre de milho não eram questionadas, contudo a sugestão de que a técnica de endogamia e hibridação era um método fácil para o aumento da produtividade do milho, não era geralmente aceita. Isso devido à baixa produtividade das linhagens, pois era questionado se a semente híbrida poderia ser produzida a um custo adequado para os agricultores (Shull, 1910).

O uso comercial de sementes de híbridos de milho, ocorreu após Jones (1918, 1922) sugerir o uso de híbridos duplos, que é o resultado do cruzamento de dois híbridos simples, o que superou as desvantagens da produção de sementes de híbridos simples. A performance dos híbridos duplos foi convincente, e quase o total da área plantada com milho, no Corn Belt Americano, era plantada com híbridos duplos, após 1950 (Hallauer, 1990). Os

híbridos duplos (HD) foram os primeiros tipos de híbridos usados comercialmente, até 1960. No final da década de 1950 e início de 1960, alguns híbridos simples (HS) estavam disponíveis aos agricultores, embora o custo da semente dos híbridos simples fosse maior que dos híbridos duplos. Os híbridos simples foram aceitos devido a maior produtividade e uniformidade. Também, nessa época Cockerham (1961) demonstrou, teoricamente, que a variância genética entre híbridos simples (HS) era maior do que entre híbridos triplos (HT) e duplos (HD). Dessa forma, os progressos esperados na seleção de híbridos segue a seguinte relação: $HS > HT > HD$.

Algumas das principais razões para que os híbridos simples sejam, atualmente, produzidos são: o desenvolvimento de práticas culturais (p. ex., equipamentos, fertilizantes e defensivos), que permitem que as linhagens endogâmicas produzam sementes a um custo aceitável; aumento da produtividade e vigor das linhagens usadas para a produção dos híbridos; melhoria das técnicas para a produção e processamento de sementes; aceitação de híbridos avaliados, pelos agricultores (Fehr, 1987).

As vantagens de obtenção e uso do milho híbrido são citadas por Paterniani (1974): associar as características de progenitores distintos; obter genótipos superiores num prazo, relativamente, curto; utilizar interações gênicas na geração híbrida; produzir genótipos uniformes; obter maior homeostase na geração F_1 ; e produção de sementes em escala comercial.

Além disso, Hallauer & Miranda Filho (1988), citam as vantagens do sistema linhagem - híbrido, ou endogamia - hibridação: os genótipos selecionados podem ser reproduzidos e, então, avaliados extensivamente, permitindo maior precisão da avaliação; o sistema permite a utilização comercial de híbridos, pois os híbridos podem ser reconstituídos; o processo usado no desenvolvimento de linhagens, sob seleção efetiva, aumenta a probabilidade de se obter genótipos superiores.

2.2 Escolha de populações

O início de um programa para obtenção de híbridos de linhagens interpopulacionais, refere-se à escolha das populações que servirão como fonte para a extração das linhagens. As linhagens são obtidas por um processo de endogamia, sendo o mais usual, a autofecundação, que gera redução no vigor das linhagens (Miranda Filho & Viégas, 1987). Com o cruzamento, restaura-se o vigor em uma combinação híbrida, cuja superioridade pode ser atribuída a concentração de genes favoráveis dominantes (hipótese da dominância), ou à condição heterozigótica do híbrido (hipótese da sobredominância) (Paterniani, 1974). A heterose depende de genes com algum grau de dominância (parcial, completa ou sobredominância) e também das diferenças gênicas nas populações (Souza Junior, 1989).

As linhagens podem ser extraídas de qualquer cultivar, que apresente variabilidade genética, tais como: as variedades de polinização livre e sintética, os compostos, todos os tipos de híbridos, geração F_2 de híbridos e retrocruzamentos.

A obtenção de híbridos combinando linhagens de fontes diferentes de germoplasma (grupos heteróticos), oferece maior possibilidade de maximização da heterose, conforme os resultados de Wu (1939) e Johnson & Hayes (1940). Segundo Hallauer (1990), no Corn Belt Americano foram, inicialmente, usados os cruzamentos entre Lancaster Sure Crop e Reid Yellow Dent. Em áreas tropicais o cruzamento entre compostos Eto e Tuxpeño, tem sido importante, mas o cruzamento entre Suwan, de grão duro, e Tuxpeño, de grãos dentados, tem aumentado em importância.

Miranda Filho & Viégas (1987), indicam que a condição básica para o sucesso de um programa de obtenção de híbridos é o potencial genético das populações base. A média das populações base (Esteves et al., 1994; Esteves & Ruschel, 1994) e o nível de heterose do híbrido intervartietal são parâmetros importantes na escolha das populações. A variabilidade genética também deve ser considerada.

A média de um caráter qualquer de um híbrido interpopulacional representa a média de todos os híbridos possíveis (HS, HT e HD) provenientes do cruzamento entre as linhagens, ou progênies das duas populações. Conseqüentemente, se um híbrido interpopulacional for muito produtivo,

espera-se obter híbridos de linhagens selecionadas, que excedam o híbrido interpopulacional. Portanto, o comportamento do híbrido interpopulacional deve servir como critério para a escolha das populações a serem utilizadas em um programa de híbridos de linhagens (Esteves, 1978; Souza Junior & Zinsly, 1985). A metodologia sugerida por Hallauer (1967) e Lonquist & Williams (1967) são informativas para o potencial de populações, pois a média e a variância de híbridos $S_0 \times S_0$ representam os valores dos híbridos duplos obtidos das mesmas populações.

Quando duas populações são usadas para o desenvolvimento de novos híbridos, o esquema de cruzamentos dialélicos tem sido usado para estudar o valor das populações base e o padrão heterótico dos cruzamentos. Os modelos de análise de cruzamentos dialélicos propostos por Griffing (1956), Gardner & Eberhart (1966), e o dialélico parcial de Miranda Filho & Geraldi (1984) têm sido recomendados.

Outro aspecto importante na escolha de populações, como fonte de linhagens, é a depressão por endogamia, que é provocada pela autofecundação. Vianna et al. (1982) relataram valores de depressão variando de 42 a 58%, na produção de grãos de 14 populações. Geraldi & Vencovsky (1980) relataram valores de 36,7 a 54,8% na depressão para a produção de grãos de nove populações. Lima et al. (1984), estudaram 32 populações de milho e observaram depressão por endogamia variando de 27,0 a 59,9% para a produção de grãos.

Miranda Filho & Meirelles (1986) relataram que a depressão endogâmica na produção de grãos foi de 46,3% e 45,5% nas populações ESALQ-PB2 e ESALQ-PB3, respectivamente. Relataram também, variabilidade das progênes S_1 , cujas produções, comparadas com a população original (S_0), apresentaram decréscimos variando de 18,9 a 75,8% na população ESALQ-PB2 e de 16,7 a 71,7% na população ESALQ-PB3. Os resultados indicam que há genótipos extremamente sensíveis à endogamia, mas que existe possibilidade de seleção de linhagens menos depressivas para a produção de grãos.

2.3 Melhoramento de populações

Após 1940, os híbridos novos não eram muito superiores aos existentes, o que levou pesquisadores como Hull (1945) a sugerirem que a variabilidade genética para a produção de grãos, estava sendo esgotada e, conseqüentemente o nível de produtividade estava próximo do limite. Contudo, as estimativas dos componentes da variância genética em populações de polinização livre de milho, indicaram que as populações possuíam magnitudes elevadas de variância genética, principalmente a variância genética aditiva, o que deveria permitir a obtenção de progressos consideráveis com a seleção (Robinson et al., 1955).

Reconheceu-se, então, que o problema estava relacionado com as sucessivas extrações de linhagens das mesmas variedades, sem que estas

fossem melhoradas previamente. As plantas de uma população heterogênea de milho são essencialmente híbridos simples, pois resultam da união de dois gametas. Se uma amostra aleatória de linhagens endogâmicas for obtida da população, os híbridos simples entre essas linhagens representam combinações genótípicas que ocorrem na população original, e ocorrem com a mesma probabilidade. Como o método de obtenção de híbridos não é um método de melhoramento contínuo, mas um método de extração e fixação de um ou alguns genótipos superiores que existem em uma população, uma vez que esta foi utilizada para a extração de linhagens, a probabilidade de obtenção de híbridos superiores àqueles já obtidos em uma nova amostragem é baixa (Comstock, 1964).

Para aumentar a probabilidade de obtenção de híbridos superiores é necessário aumentar a probabilidade de genótipos superiores na população, o que corresponde ao aumento das frequências de alelos favoráveis na população. Isso pode ser conseguido aplicando-se métodos de seleção recorrente nas populações. A partir dessa época, visando aumentar a frequência dos alelos favoráveis nas populações e com isso possibilitar a obtenção de híbridos mais produtivos, foi dada grande ênfase aos processos de seleção recorrente, várias metodologias foram sugeridas (Comstock et al., 1949; Lonnquist, 1964; Paterniani, 1967; Hallauer & Eberhart, 1970; Paterniani & Vencovsky, 1977 e Souza Junior, 1987).

Nos híbridos cujas linhagens são provenientes de populações distintas, a probabilidade de ocorrência de genótipos superiores equivale à probabilidade dos mesmos genótipos no híbrido interpopulacional. Nesse caso, o aumento da frequência de genótipos superiores é consequência direta do aumento das frequências dos alelos favoráveis nas duas populações (Miranda Filho & Viégas, 1987; Hallauer & Miranda Filho, 1988; Souza Junior, 1989).

O termo seleção recorrente foi introduzido por Hull (1945), quando sugeriu a utilização de um testador de base genética restrita, admitindo que os genes de ação sobredominante são os grandes responsáveis pelo vigor híbrido. Assim, o método oferece a possibilidade de concentrar alelos, numa população heterogênea, que dão a máxima heterose, em relação a um testador particular. Contudo, os genes dominantes ou parcialmente dominantes, são os mais importantes na expressão da heterose em milho (Hallauer & Miranda Filho, 1988).

Os métodos de seleção recorrente intrapopulacional, são aqueles utilizados para o melhoramento das populações *per se* e podem ser utilizadas a seleção massal, a seleção com progênies de meios irmãos, de irmãos germanos, e progênies endógamas (S_1 e S_2). A seleção pode ser realizada entre e dentro das progênies. Também podem ser usadas progênies oriundas de cruzamentos com linhagens (topcross) para melhorar a capacidade de combinação da população. A eficiência desses métodos foi relatada por Paterniani (1967); Webel & Lonquist (1967); Johnson et al. (1986); Cockerham & Matzinger (1985) e Cepeda (1998), entre outros.

Os métodos de seleção recorrente interpopulacional ou recíproca, são aqueles aplicados em duas populações, simultaneamente, para melhorar o cruzamento dessas. A eficiência desses métodos foi relatada por Moll & Robinson (1966); Martin & Hallauer (1980); Eberhart et al. (1973); Smith (1983) e Souza Junior et al. (1993), entre outros.

Em um programa de melhoramento onde se busca a obtenção de híbridos, um aspecto importante é a heterose do cruzamento entre duas populações. Visando esse aspecto, Comstock et al. (1949) sugeriram a seleção recorrente recíproca, onde duas populações são usadas, uma como testadora da outra. Em cada ciclo de seleção, as progênies de cada população que apresentam maior vigor, em cruzamento com a outra população, são recombinadas entre si, originando a nova população. Dessa forma, são selecionados de cada população os genótipos que apresentam a melhor capacidade de combinação com a outra população. Esse método capitaliza os vários tipos de ação gênica como a aditiva, as dominâncias parcial e completa, e a sobredominância.

Além do método proposto por Comstock et al. (1949), outras sugestões foram realizadas, como a utilização de progênies de meios irmãos (Paterniani & Vencovsky, 1977); o uso de progênies de meios irmãos obtidas de plantas prolíficas (Paterniani & Vencovsky, 1978); progênies de irmãos germanos (Hallauer & Eberhart, 1970); e progênies de meios irmãos obtidos alternadamente de plantas não endógamas (S_0) e endógamas (S_1) (Souza Junior, 1987).

Segundo Souza Junior (1993), os métodos de seleção recorrente intra e interpopulacional não têm conseguido melhorar, em taxas razoáveis, os híbridos interpopulacionais e as populações *per se*, simultaneamente. Sugeriu um esquema de seleção, onde a população menos produtiva é utilizada como testadora dela mesma e da outra população. Através de estudos teóricos, Souza Junior (1993) verificou que tal esquema é mais eficiente em aumentar a heterose do que a seleção intrapopulacional, e menos do que a seleção interpopulacional. Também apresentou maior eficiência, do que os dois tipos de seleção, para o melhoramento do híbrido interpopulacional. Para a população menos produtiva, a eficiência é maior do que a seleção interpopulacional e igualmente eficiente quanto a seleção intrapopulacional.

A seleção baseada no desempenho de progênie de meios irmãos atua principalmente para alelos favoráveis de efeitos aditivos, mas não seleciona efetivamente contra alelos deletérios, que podem ser mascarados pelo testador. A seleção baseada no desempenho de progênie S_1 é efetiva para a seleção de alelos aditivos e tem a oportunidade de selecionar alelos recessivos deletérios.

Segundo Souza Junior (1987), os processos de seleção recorrente recíproca, que utilizam progênie endógamas (S_1), como unidades de recombinação possibilitam boa integração com os programas de linhagens e híbridos. Pois, o resultado da avaliação das progênie interpopulacionais é utilizado, simultaneamente, para a seleção recorrente, e como teste precoce

para a avaliação da capacidade de combinação das linhagens. Das progênes selecionadas, uma parte das sementes S_1 é utilizada para a recombinação e síntese da nova população, e outra parte é usada para autofecundação e obtenção de linhagens.

A seleção de linhagens baseada em progênes selecionadas, via progênes de meios irmãos interpopulacionais e progênes S_1 *per se*, possibilitou identificar as linhagens S_1 superiores, quanto ao seu desempenho, *per se* e por sua capacidade de combinação (Buitrago, 1996). O esquema de seleção baseado em esquema de seleção baseado em progênes S_1 , é recomendado, quando o nível de melhoramento da população for alto, repassando desta forma a ganho da seleção obtido na população às linhagens (Takeda, 1997).

2.4 Reciclagem de linhagens

Os métodos para o melhoramento de linhagens são: o método genealógico ou pedigree, o método de retrocruzamento, e o melhoramento convergente (Hallauer, 1990).

Conforme Hallauer et al. (1988), o método genealógico, é o método mais usado no melhoramento de linhagens. O método consiste em se cruzar duas linhagens elites, que se complementam, produzir a geração F_2 , e usar o método genealógico de seleção, para a obtenção de novas linhagens (linhagens de segundo ciclo), amostrando a população F_2 . As populações F_2 de

híbridos simples são as populações base mais freqüentemente usadas (Bauman, 1981).

O procedimento geral com o uso de populações F_2 é iniciar a autofecundação e a seleção sem nenhuma recombinação genética. A experiência do melhorista na seleção e a precisão dos ensaios de avaliação tem demonstrado ser efetivos para o desenvolvimento de linhagens e híbridos melhorados pelo método genealógico (Duvick, 1977; Bauman, 1977; Russell, 1974 e Russell, 1984).

O retrocruzamento é o cruzamento da geração F_1 com um dos progenitores (recorrente). O progenitor recorrente é uma linhagem com boas características agronômicas, mas que se deseja acrescentar outros genes favoráveis. Este método é uma modificação do método genealógico. As principais diferenças entre os métodos genealógico e o de retrocruzamento estão nos objetivos dos cruzamentos e no nível de recuperação do genótipo do progenitor recorrente (Hallauer et al., 1988).

Para a escolha entre o início da autofecundação em população F_2 do cruzamento das linhagens, ou após o retrocruzamento, Bailey (1977), salienta que a probabilidade de se isolar linhagens com maior concentração de alelos favoráveis do que nas linhagens genitoras será máxima se nos locos nos quais os genitores diferem, cada genitor tiver um número igual de locos com alelos favoráveis. Contudo, se um dos genitores tiver maior concentração de alelos favoráveis, uma geração de retrocruzamento seria recomendável.

A complexidade no método de retrocruzamento depende do tipo de caracter sendo transferido (monogênico, ou poligênico), a herdabilidade da característica, se é herança nuclear ou citoplasmática e da diversidade dos genitores incluídos no cruzamento. As linhagens são incluídas em programas de melhoramento com os métodos genealógico ou de retrocruzamentos para modificar certas características como ciclo e resistência às doenças. Devido a natureza das características sob seleção, a combinação dos métodos genealógico e de retrocruzamento, algumas vezes é usada para obter o nível de expressão necessária para a seleção ser efetiva (Hallauer et al., 1988).

O melhoramento convergente foi sugerido por Richey (1927) e consiste em retrocruzar a geração F_1 para ambas linhagens genitoras. Com dois ou três retrocruzamentos obtém-se materiais com características semelhantes às respectivas genitoras. As plantas que apresentarem as características desejadas, serão autofecundadas. O resultado do uso desse método é relatado por Lonquist (1960).

Jenkins (1978) salienta que o cruzamento de linhagens elites e a seleção para a obtenção de linhagens melhoradas gradualmente limita a base genética do germoplasma sob melhoramento. Contudo, o melhoramento de linhagens tem sido o principal componente, atualmente, dos programas de melhoramento no setor público (Hallauer et al., 1988) e privado (Smith, 1988).

2.5 Cruzamentos dialélicos

A capacidade de combinação de populações e linhagens é um dado importante na avaliação de cultivares a serem utilizados para a obtenção de híbridos. A avaliação da capacidade de combinação é feita através de cruzamentos dialélicos, que são os $n(n-1)/2$ cruzamentos possíveis entre um conjunto de n linhagens. Sprague & Tatum (1942) sugeriram os conceitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Os autores avaliaram dois tipos de cruzamentos dialélicos: um envolvendo linhagens selecionadas para capacidade de combinação e outro incluindo linhagens sem seleção. Observaram que a CGC foi mais importante do que a CEC para linhagens não selecionadas, porém a CEC foi mais importante para as linhagens previamente selecionadas. Interpretaram a CGC como uma indicação da presença de genes com altos valores de efeitos aditivos e a CEC como a presença de genes com efeitos de dominância e epistasia. Os resultados obtidos confirmam a validade do uso de topcrosses para a avaliação preliminar das linhagens, contudo sendo necessária a avaliação dos híbridos entre as linhagens selecionadas, para determinar as combinações mais produtivas.

Existem vários esquemas de cruzamentos dialélicos (Cruz & Regazzi, 1997), mas o método IV de Griffing (1956), que inclui apenas um grupo de híbridos, sem incluir os híbridos recíprocos e linhagens parentais é um método prático e de uso comum em programas de milho híbrido.

O esquema de cruzamento dialélico parcial circulante foi sugerido por Kempthorne e Curnow (1961), para aumentar o número de parentais que podem ser incluídos no dialélico. Os princípios para analisar os dados são semelhantes aos usados no cruzamento dialélico. A maior diferença entre cruzamento dialélico e cruzamento dialélico parcial, é o número de cruzamentos feitos entre os genitores. Os cruzamentos dialélicos parciais são obtidos dos cruzamentos de linhagens oriundas de diferentes populações. O cruzamento dialélico parcial de Kempthorne e Cumow (1961) também é, conhecido como esquema de cruzamentos em cadeia.

Além das metodologias de Griffing (1956) e Kempthorne & Curnow (1961), existem várias outras como a de Gardner & Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de variedades e heterose varietal, e a de Hayman (1954), que dá informações sobre o mecanismo de herança e dos valores genéticos dos genitores. A literatura sobre o assunto é bastante ampla podendo-se citar autores como Gardner (1967); Eberhart & Gardner (1966); Cruz & Vencovsky (1989); Vencovsky & Barriga (1992); Comstock et al. (1949); Gardner & Eberhart (1966); Miranda Filho & Geraldi (1984), entre outros, que abordam a metodologia de cruzamentos dialélicos.

Gardner & Eberhart (1966) apresentaram um modelo para a análise de cruzamentos dialélicos de variedades para o estudo da heterose intervarietal. O modelo baseia-se nos componentes aditivos (a_i) e de dominância (d_i), no efeito de variedades (V_j) e nos componentes heteróticos

(h_{jji}), que aparecem nos cruzamentos. Esses componentes permitem avaliar o potencial genético das variedades e de seus cruzamentos para o melhoramento. Os resultados dos efeitos de variedades e do componente heterótico utilizando o modelo de Gardner & Eberhart (1966) são citados por Souza Junior (1981), Lima (1982), Miranda Filho & Vencovsky (1984), entre outros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético inicial

As populações de milho usadas neste estudo são denominadas de IG-3 e IG-4 e possuem grãos flint e dentado, respectivamente. As linhagens elites utilizadas são denominadas de L-23-2B e L-14-4B, as quais pertencem aos grupos heterótico do IG-3 e IG-4, respectivamente. Esses cultivares foram obtidos no Depto. de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

A população IG-3 foi obtida pela recombinação de oito linhagens S_3 , que foram selecionadas de um total de 400 linhagens. Essas linhagens foram extraídas da variedade BR-105 e avaliadas em topcrosses, cujo testador foi a variedade BR-106. Dessa avaliação foram selecionadas 40 linhagens, as quais foram avaliadas agronomicamente, sendo selecionadas oito linhagens. Estas foram intercruzadas e originaram a população IG-3. Uma dessas oito linhagens era a L-23-2B.

A população IG-4 foi obtida pela recombinação de dez linhagens S_3 , que foram selecionadas de um total de 400 linhagens. Essas linhagens foram extraídas da variedade BR-106 e avaliadas em topcrosses, cujo testador foi a

variedade BR-105. Dessa avaliação foram selecionadas 40 linhagens, as quais foram avaliadas agronomicamente e selecionadas dez linhagens. Essas foram inter cruzadas e originaram a população IG-4. Uma dessas dez linhagens era a L-14-4B. Um estudo detalhado sobre as populações IG-3 e IG-4 foi apresentado por Rezende (1997).

3.2 Síntese das populações base

A população IG-3 foi cruzada com a linhagem L-23-2B e plantas desse cruzamento foram retrocruzadas para a população IG-3 e para a linhagem L-23-2B. Da mesma forma, a população IG-4 foi cruzada com a linhagem L-14-4B e plantas desse cruzamento foram retrocruzadas para a população IG-4 e para a linhagem L-14-4B. As populações resultantes estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Populações obtidas pelo cruzamento e retrocruzamento com as linhagens elites e as populações IG-3 e IG-4.

Origem	Porcentagem da linhagem	População
1 - IG-3	0	IG-3 - 100
2 - (IG-3 x L-23-2B) x IG-3	25	IG-3 - 75
3 - (IG-3 x L-23-2B)	50	IG-3 - 50
4 - (IG-3 x L-23-2B) x L-23-2B	75	IG-3 - 25
5 - IG-4	0	IG-4 - 100
6 - (IG-4 x L-14-4B) x IG-4	25	IG-4 - 75
7 - (IG-4 x L-14-4B)	50	IG-4 - 50
8 - (IG-4 x L-14-4B) x L-14-4B	75	IG-4 - 25

3.3 Obtenção do material genético experimental

Em cada uma das populações base foram realizadas duas gerações de autofecundação e obtiveram-se linhagens S_2 ($F = 0,75$), exceto para as populações IG-3 25 e IG-4 25, nas quais foram realizadas uma geração de autofecundação, pois essas populações base já são endogâmicas ($F = 0,4375$). De cada população foram obtidas 100 linhagens.

Com uma amostra equitativa das linhagens em cada população, foi realizado o cruzamento com uma linhagem testadora para obtenção dos topcrosses. As linhagens oriundas da população base IG-3 tiveram como testador a linhagem L-14-4B, enquanto as linhagens oriundas das populações base IG-4 tiveram como testador a linhagem L-23-2B.

Simultaneamente, as populações foram cruzadas segundo o esquema dialélico parcial, envolvendo as populações base de cada grupo heterótico. Foram utilizadas nos cruzamentos, as sementes S_0 (Tabela 2).

Tabela 2. Híbridos obtidos no esquema dialélico parcial com as populações base.

	IG-3		100	75	50	25
			1	2	3	4
IG-4						
100	5		$H_{1 \times 5}$	$H_{2 \times 5}$	$H_{3 \times 5}$	$H_{4 \times 5}$
75	6		$H_{1 \times 6}$	$H_{2 \times 6}$	$H_{3 \times 6}$	$H_{4 \times 6}$
50	7		$H_{1 \times 7}$	$H_{2 \times 7}$	$H_{3 \times 7}$	$H_{4 \times 7}$
25	8		$H_{1 \times 8}$	$H_{2 \times 8}$	$H_{3 \times 8}$	$H_{4 \times 8}$

3.4 Método experimental

Com os materiais genéticos experimentais foram realizados dois tipos de experimentos. Um para avaliação das linhagens e topcrosses de cada população base, e outro para a avaliação dos cruzamentos no esquema dialélico parcial em conjunto com as populações base.

Para a avaliação das linhagens e topcrosses de cada população base, os tratamentos foram arrançados no delineamento experimental de blocos ao acaso em faixas em que o tratamento A referem-se às oito populações base (Tabela 1) e o tratamento B (duas faixas) refere-se às linhagens e aos topcrosses correspondentes a cada uma das populações base.

Na avaliação dos cruzamentos obtidos no dialélico parcial, o número total de tratamentos foi de vinte e quatro, sendo as oito populações base (Tabela 1) e os dezesseis cruzamentos (Tabela 2). Esses tratamentos foram avaliados utilizando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso.

Os demais aspectos da metodologia experimental para a implantação dos ensaios foram idênticos para os dois tipos de experimentos e estão descritos a seguir.

A parcela foi constituída de duas fileiras de quatro metros de comprimento. O espaçamento foi de oitenta centímetros entre fileiras e a distância entre as plantas, dentro da fileira, foi de vinte centímetros. Dessa forma, o estande ideal é constituído por quarenta plantas por parcela e 62.500

plantas por hectare. No plantio, foi semeado o dobro de sementes do estande ideal com posterior realização de desbaste. Foram utilizadas dez repetições por experimento alocado em cada ambiente (local e/ou ano).

As adubações de plantio, de cobertura e o controle de ervas daninhas e de pragas foram realizadas conforme as recomendações para a cultura do milho em cada local de avaliação. Os experimentos foram avaliados em dois anos agrícolas: 1996/97 e 1997/98. Sendo que, no primeiro ano, os experimentos foram instalados em três ambientes a saber: na Estação Experimental Caterpillar, em Piracicaba-SP, com duas épocas de plantio e na Estação Experimental Filostro Machado Carneiro da EMATER-GO, em Senador Canedo-GO. No segundo ano, os experimentos foram instalados em seis ambientes, a saber: dois ambientes em Piracicaba-SP, nas Estações Experimentais Caterpillar e Areão, duas épocas de plantio na Estação Experimental Filostro Machado Carneiro da EMATER-GO, em Senador Canedo-GO e em Santa Cruz das Palmeiras-SP e Rio Claro-SP, na Estação Experimental de Sementes Agrocere S.A.

3.5 Características avaliadas

As características avaliadas foram as mesmas para todos os experimentos, cujas descrições seguem:

a. Altura da planta (AP): é a medida do solo até a inserção da folha bandeira em cm. Anotou-se o valor de dez plantas por parcela,

b. Altura da espiga (AE): é a medida do solo até o nó de inserção da espiga superior em cm. Anotou-se o valor de dez plantas por parcela,

c. Estande (ES): anotou-se o número total de plantas por parcela por ocasião da colheita,

d. Acamamento (AC): anotou-se o número de plantas por parcela com inclinação acima de 45° com a vertical (plantas acamadas) e o número de plantas com o colmo quebrado abaixo da espiga (plantas quebradas). A soma de plantas acamadas e quebradas foi denominado de acamamento,

e. Número de espigas (NE): anotou-se o número total de espigas colhidas em cada parcela,

f. Peso de espigas despalhadas (PED): anotou-se o peso total das espigas colhidas em cada parcela (g/parcela),

g. Peso de grãos (PG): as espigas foram debulhadas e anotou-se o peso total de grãos em cada parcela (g/parcela),

h. Umidade (U): de uma amostra de grãos de cada parcela, avaliou-se a umidade dos grãos,

i. Peso de espigas despalhadas por planta (PESP): anotou-se o peso total de espigas despalhadas em dez plantas por parcela (g/planta). Essa característica foi realizada no experimento em faixas para avaliação de linhagens e topcrosses.

A partir das características avaliadas foram estimados outros parâmetros e/ou transformados, ou ajustados antes de se proceder as análises, que são:

j. Posição relativa da espiga no colmo (AE/AP)

AE/AP = altura da espiga/altura da planta

k. Percentagem de acamamento transformado (TAC %)

$$TAC\% = \sqrt{AC\% + 1}$$

l. Prolifidade [PROL = (Número de espigas/Estande) x 100]

m. Peso de grãos padronizados para kg/ha e umidade de 15,5% (PGRÃO).

$$PGRÃO = (1,5625) * [PG * (100 - U)/(100 - 15,5)]$$

O fator 1,5625 refere-se ao ajuste do peso de grãos por parcela (g/parcela), para kg/ha, no espaçamento de 0,80 m.

3.6 Análise da distribuição dos dados

Os dados coletados foram submetidos a uma análise de distribuição, antes da realização da análise de variância. As características, alturas da planta e espiga, peso de espigas despalhadas, peso de grãos e peso de espigas despalhadas por planta, se ajustaram na distribuição normal dos dados.

Os valores de acamamento não se ajustaram na distribuição normal.

Para a análise de variância, os dados foram transformados para $\sqrt{x} + 1$.

No experimento em faixas, para a avaliação de linhagens e topcrosses, os caracteres altura de planta, altura de espiga e peso de espigas despalhadas por planta, foram mensurados em dez plantas por parcela. Com esse conjunto de dados foram obtidas as distribuições de freqüências específicas para cada tratamento, ou seja, para cada população base e cada tipo de material (linhagem e topcrosses). Para esses dados foram estimados os seguintes parâmetros: média, desvio padrão, variância, assimetria, curtose, amplitude e os valores extremos. Para testar a normalidade dos dados foi usado o teste W de Shapiro - Wilk (Shapiro & Wilk, 1965). Esses procedimentos foram realizados através do software SAS (SAS, 1988), conforme indicado por Dias (1997) e Alves (1994).

Para os caracteres AP, AE e PESP as variâncias de cada população oriundas das populações bases IG-3 e IG-4, foram comparadas pelo teste F (Sokal & Rohlf, 1981). Sendo σ^2_1 e σ^2_2 as estimativas das variâncias a comparar, tem-se: $F = \sigma^2_1/\sigma^2_2$ onde σ^2_1 e σ^2_2 são as variâncias de maior e menor valor, respectivamente. Com n_1 e n_2 graus de liberdade associados a σ^2_1 e σ^2_2 , respectivamente, este valor de F foi comparado com o F tabelado a 5% e a 1% de probabilidade.

3.7 Análise de variância dos experimentos de avaliação de linhagens e topcrosses

Os experimentos em faixa foram, inicialmente, analisados considerando-se apenas um dos grupos de tratamentos, ou seja, linhagens e topcrosses. Assim, esses experimentos foram analisados em blocos casualizados.

Foram realizadas as análises de variância individuais, por local e ano e, a seguir, foram realizadas as análises conjuntas cujo modelo matemático é:

$$Y_{ijk} = m + b_{j/k} + a_k + p_i + (pa)_{ik} + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} = valor do genótipo i na repetição j no ambiente l;

m = média geral dos experimentos

$b_{j/k}$ = efeito da repetição; no ambiente k;

a_k = efeito do ambiente k

p_i = efeito da população i;

$(pa)_{ik}$ = efeito da interação entre a população i e o ambiente k;

e_{ijk} = erro associado à parcela ij no ambiente k.

O esquema da análise de variância está apresentado na Tabela 3 e para todos os caracteres esta análise foi possível de ser realizada uma vez que os quadrados médios dos resíduos foram homogêneos.

Tabela 3. Esquema da análise de variância conjunta considerando linhagens ou topcrosses.

Fonte Variação	G.L.
Repetições/Ambiente	(r-1) a
Ambiente (A)	a - 1
População (P)	p - 1
P x A	(p-1) (a-1)
Resíduo médio	(r-1) (p-1) a
Total	r p a - 1

3.8 Análise de variância para o experimento de blocos ao acaso, em faixas

Foram realizadas as análises de variância individuais, por local e ano, e a seguir foram realizadas as análises conjuntas, cujo modelo matemático, sem considerar os desdobramentos, é:

$$Y_{ijkn} = m + b_{j/k} + a_k + p_i + e_{ij/k} + t_n + (ta)_{nk} + e_{nj/k} + (pt)_{in} + (pta)_{ink} + e_{inj/k}$$

sendo:

Y_{ijkn} = medida fenotípica de cada sub-parcela;

m = média geral do experimento;

$b_{j/k}$ = efeito da repetição j no ambiente k;

a_k = efeito do ambiente k ;

p_i = efeito da população i ;

$e_{ij/k}$ = erro experimental associado às populações (Resíduo a);

t_n = efeito do tipo de material n (linhagem e topcrosses);

$(ta)_{nk}$ = efeito da interação entre o tipo n e ambiente k ;

$e_{nj/k}$ = erro experimental associado ao tipo de material (Resíduo b);

$(pt)_{in}$ = efeito da interação entre a população i e o tipo de material n ;

$(pta)_{ink}$ = efeito da interação entre a população i , o tipo de material n e o ambiente k ;

$e_{inj/k}$ = erro experimental associado com as interações (Resíduo c).

A análise de variância foi realizada conforme modelo apresentado por Gomes (1987), Steel & Torrie (1980) e Piedade (1987). O desdobramento dos graus de liberdade foi realizado com o uso de contrastes e com programação no software SAS conforme recomendação de Alves (1994); Dias (1997) e Nogueira (1997). Os efeitos das regressões linear, quadrática e cubica foram calculados com contrastes obtidos com polinômios ortogonais (Gomes, 1987 e Nogueira, 1997).

O esquema da análise de variância, contendo as fontes de variação e seus desdobramentos, bem como os respectivos graus de liberdade, são apresentados na Tabela 4, e para todos os caracteres, estas análises foram possíveis de serem realizadas, uma vez que os quadrados médios dos resíduos dos experimentos eram homogêneos.

Tabela 4. Esquema da análise de variância conjunta dos experimentos em blocos casualizados, em faixas, com desdobramento dos graus de liberdade.

Fonte Variação	G.L.
Repetições (Ambientes)	$(r-1) a$
Ambientes (A)	$a - 1$
Populações	$p - 1$
IG-3	$q - 1$
Regressão Linear	1
Regressão Quadrática	1
Regressão Cubica	1
IG-4	$s - 1$
Regressão Linear	1
Regressão Quadrática	1
Regressão Cubica	1
IG-3 vs IG-4	1
Populações x Ambientes	$(p - 1) (a - 1)$
IG-3 x A	$(q - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x A	$(a - 1)$
Regressão Quadrática x A	$(a - 1)$
Regressão Cubica x A	$(a - 1)$
IG-4 x A	$(s - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x A	$(a - 1)$
Regressão Quadrática x A	$(a - 1)$
Regressão Cubica x A	$(a - 1)$
(IG-3 vs IG-4) x A	$(a - 1)$
Resíduo (a)	$(r - 1) (p - 1) a$

Continuação (Tabela 4)

Tipos (T)	$t - 1$
Tipos x Ambiente	$(t - 1) (a - 1)$
Resíduo (b)	$(r - 1) (t - 1) a$
População x Tipo	$(p - 1) (t - 1)$
IG-3 x T	$(q - 1) (t - 1)$
Regressão Linear x T	$(t - 1)$
Regressão Quadrática x T	$(t - 1)$
Regressão Cubica x T	$(t - 1)$
IG-4 x T	$(s - 1) (t - 1)$
Regressão Linear x T	$(t - 1)$
Regressão Quadrática x T	$(t - 1)$
Regressão Cubica x T	$(t - 1)$
(IG-3 vs IG-4) x T	$(t - 1)$
População x Tipo x Ambiente	$(p - 1) (t - 1) (a - 1)$
IG-3 x T x A	$(q - 1) (t - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x T x A	$(t - 1) (a - 1)$
Regressão Quadrática x T x A	$(t - 1) (a - 1)$
Regressão Cubica x T x A	$(t - 1) (a - 1)$
IG-4 x T x A	$(s - 1) (t - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x T x A	$(t - 1) (a - 1)$
Regressão Quadrática x T x A	$(t - 1) (a - 1)$
Regressão Cubica x T x A	$(t - 1) (a - 1)$
(IG-3 vs IG-4) x T x A	$(t - 1) (a - 1)$
Resíduo (c)	$(r - 1) (p - 1) (t - 1) a$
Total	$rpta - 1$

3.9 Análise de variância para o experimento em blocos ao acaso com as populações e os híbridos (dialélico parcial)

Para a análise de variância conjunta, sem considerar os diversos desdobramentos, foi adotado o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + b_{j/k} + a_k + g_i + (ga)_{ik} + e_{ij/k}$$

sendo:

Y_{ijk} = medida fenotípica da parcela i da repetição j no ambiente k;

m = média geral do experimento;

$b_{j/k}$ = efeito da repetição i dentro de ambiente k;

a_k = efeito do ambiente k;

g_i = efeito do genótipo i (populações, híbrido);

$(ga)_{ik}$ = efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente k;

$e_{ij/k}$ = erro experimental ou resíduo.

A análise de variância foi realizada conforme modelo apresentado por Gomes (1987) e Steel & Torrie (1980). O desdobramento dos graus de liberdade foi realizado com o uso de contrastes e com programação no software SAS conforme recomendação de Alves (1994), Dias (1997) e Nogueira (1997).

Os efeitos das regressões linear, quadrática e cubica foram calculados com contrastes obtidos com polinomios ortogonais (Gomes, 1987 e Nogueira, 1997).

O esquema da análise de variância, contendo as fontes de variação e seus desdobramentos, bem como os respectivos graus de liberdade, são apresentados na Tabela 5. Essas análises foram realizadas uma vez que os quadrados médios dos resíduos dos experimentos eram homogêneos.

Tabela 5. Esquema da análise de variância conjunta como blocos ao acaso, com populações e híbridos (dialélico parcial) e desdobramento dos graus de liberdade.

Fonte Variação	G.L.
Repetições (Ambientes)	(r-1) a
Ambientes (A)	a - 1
Cultivares	c - 1
Grupos	g - 1
Populações	p - 1
Pop. IG-3	q - 1
Regressão Linear	1
Regressão Quadrática	1
Regressão Cubica	1
Pop. IG-4	s - 1
Regressão Linear	1
Regressão Quadrática	1
Regressão Cubica	1
Pop. IG-3 vs Pop. IG-4	1
Híbridos	h - 1
Híbridos IG-3 (CGC)	b - 1
Regressão Linear	1
Regressão Quadrática	1
Regressão Cubica	1
Híbridos IG-4 (CGC)	d - 1
Regressão Linear	1
Regressão Quadrática	1
Regressão Cubica	1
Híbridos IG-3 x Híbridos IG-4 (CEC)	(b-1) (d-1)

Continuação (Tabela 5)

Cultivares x Ambientes	$(c - 1) (a - 1)$
Grupos x A	$(g - 1) (a - 1)$
Populações x A	$(p - 1) (a - 1)$
Pop. IG-3 x A	$(q - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x A	$(a - 1)$
Regressão Quadrática x A	$(a - 1)$
Regressão Cubica x A	$(a - 1)$
Pop. IG-4 x A	$(s - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x A	$(a - 1)$
Regressão Quadrática x A	$(a - 1)$
Regressão Cubica x A	$(a - 1)$
(Pop. IG-3 vs Pop. IG-4) x A	1
Híbridos x A	$(h - 1) (a - 1)$
Híbridos IG-3 (CGC) x A	$(b - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x A	$(a - 1)$
Regressão Quadrática x A	$(a - 1)$
Regressão Cubica x A	$(a - 1)$
Híbridos IG-4 (CGC) x A	$(d - 1) (a - 1)$
Regressão Linear x A	$(a - 1)$
Regressão Quadrática x A	$(a - 1)$
Regressão Cubica x A	$(a - 1)$
(Híbridos IG-3 x Híbridos IG-4) (CEC) x A	$(b - 1) (d - 1) (a - 1)$
Resíduo	$(r - 1) (c - 1) a$
Total	$r c a - 1$

3.10 Estimativas da capacidade de combinação

Para o cálculo da capacidade geral de combinação (CGC) e o da capacidade específica de combinação (CEC), foi utilizado o método IV de Griffing (1956).

O modelo matemático usado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij}$$

sendo:

Y_{ijk} = valor da população i cruzada com a população j;

g_i = efeito da capacidade de combinação da população i do grupo IG-3;

g_j = efeito da capacidade de combinação da população j do grupo IG-4;

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação entre a população i e a j;

$\bar{e}_{ij}$ = erro experimental ou resíduo.

As estimativas das capacidades de combinação (CGC e CEC) foram obtidas, utilizando-se o software Mapgen (Ferreira, 1997).

3.11 A comparação de médias

O teste empregado nas comparações de médias, foi o teste de Tukey, a 5% de probabilidade (Gomes, 1987; Nogueira, 1997). Quando a diferença entre duas médias for superior ao valor de Δ , então elas apresentam diferença estatística significativa, com nível de significância de 5% de probabilidade.

$$\Delta = \frac{q(n_1, n_2) s}{\sqrt{r}}$$

em que:

Δ é a diferença mínima significativa; $q(n_1, n_2)$ é a amplitude total estudentizada ao nível de 5% de probabilidade; n_1 é o número total de tratamentos na análise; n_2 = número de graus de liberdade do erro experimental; s é a raiz quadrada do quadrado médio do resíduo experimental (QM resíduo) e r é o número de repetições, com que as médias foram obtidas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Avaliação das linhagens *per se* e dos topcrosses

A análise separada para cada tipo de material possibilitou a obtenção das médias, do coeficiente de variação e a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para as linhagens *per se* e para os topcrosses (Tabela 6).

4.1.1 Avaliação das linhagens

Considerando apenas as linhagens obtidas, verifica-se que a introgressão das linhagens elites nas populações originais (IG-3 e IG-4) acarretou acréscimos na altura de planta (AP) e altura da espiga (AE), os quais foram de 189,81 cm para as linhagens obtidas no IG-3 100 e de 203,29 cm para as linhagens obtidas no IG-3 25. Para as linhagens obtidas do IG-4 100, a altura da planta foi de 183,36 cm, enquanto as obtidas na população IG-4 25 foi de 191,32 cm. Para a altura da espiga, as linhagens de IG-3 100 apresentaram média de 101,87 cm, enquanto as de IG-3 25 a média foi de 104,65 cm. Para

IG-4 100, as linhagens tiveram média de AE de 96,97 cm, enquanto de IG-4 25 tiveram 101,48 cm. As populações intermediárias (75 e 50) tiveram valores intermediários a esses extremos (Tabela 6).

Para a posição relativa da espiga (AE/AP) a introgressão da linhagem na população IG-3 promoveu uma redução na posição de inserção da espiga, cujo valor foi de 0,538 na população IG-3 100 e de 0,516 na população IG-3 25. Para as populações de IG-4 a introgressão não alterou a posição de inserção da espiga, sendo de 0,531 para IG-4 100 e de 0,532 para IG-4 25. As populações intermediárias apresentaram valores intermediários a esses (Tabela 6).

O acamamento nas linhagens obtidas nas populações de IG-3 foram semelhantes, sendo o menor valor de 13,76% para IG-3 25 e o maior de 18,28% para IG-3 75. Nas populações de IG-4 a introgressão da linhagem elite teve uma tendência para a redução do acamamento, sendo que o valor maior foi de 13,39% para IG-4 100 e de 10,32% para IG-4 50 (Tabela 6).

A prolificidade nas populações oriundas de IG-3, tendeu a se manter constante, sem diferenças significativas pelo teste de Tukey, sendo o menor valor de 93,86 para IG-3 50 e o maior para IG-3 100 com 98,64 (Tabela 7). Verifica-se que em todas as populações do grupo IG-3, há ocorrência de plantas que não produzem espigas, pois nenhuma conseguiu índice de prolificidade de 100, ou seja, em média uma espiga por planta.

Como os índices de prolificidade foram inferiores a uma espiga por planta nas linhagens obtidas das populações IG-3, verifica-se a possibilidade de dar maior ênfase na seleção para este caráter. Esta poderá ser uma forma para aumentar a produtividade, já que a prolificidade é um caráter com alta correlação com a produção de grãos (Lonnquist, 1966; Paterniani & Vencovsky, 1978; Paterniani, 1980; Souza Junior, 1987).

Nas populações oriundas de IG-4, verifica-se que a introgressão da linhagem L-14-4B promoveu acréscimos significativos no índice de prolificidade, demonstrando que essa linhagem tem prolificidade acima das obtidas na população original (IG-4 100), sendo que o índice de prolificidade passou de 95,73 nas linhagens obtidas de IG-4 100 e com acréscimos nas populações intermediárias até o valor de 126,61 nas linhagens obtidas de IG-4 25. Verifica-se que na população original (IG-4 100) há ocorrência de plantas sem espigas, enquanto que com a introgressão da linhagem L-14-4B, em média, todas as plantas produzem pelo menos uma espiga (índice acima de 100), demonstrando assim que a prolificidade da linhagem elite L-14-4B acarretou aumentos nas populações em que foi introgridida (Tabela 7).

A população média de plantas por hectare variou de 55.399,3 plantas até 59.076,3 plantas, sendo abaixo do estande ideal programado de 62.500 plantas/ha. As populações oriundas de IG-3 obtiveram os valores de estande inferiores aos das populações oriundas de IG-4.

Quanto a produção de grãos, em kg/ha, as linhagens de IG-3 100 produziram 3.263,47 kg/ha, enquanto as linhagens extraídas de IG-3 25 produziram 3.319,41 kg/ha, cujo acréscimo não significativo e as populações intermediárias (75 e 50) apresentaram produções inferiores a essas. Nas populações de IG-4, a introgressão da linhagem L-14-4B promoveu acréscimos na produção das linhagens extraídas dessas populações, sendo a média de 3.093,53 kg/ha na população IG-4 100 e de 4.089,26 kg/ha na população IG-4 25, cuja diferença é de 995,73 kg/ha, com valores intermediários nas demais populações (IG-4 75 e 50). Ressalte-se, ainda, que a introgressão de 25% da linhagem já promoveu uma alteração de 638,69 kg/ha (diferença de IG-4 100 para IG-4 75), demonstrando assim o potencial da linhagem L-14-4B em alterar a produção de grãos (Tabela 7).

Para o peso de espigas por planta (PESP) verifica-se que a introgressão da linhagem elite L-23-2B na população IG-3 teve tendências de aumentar o PESP, exceto para o IG-3 75, passando de 95,64 g/planta de IG-3 100 para 103,17 g/planta em IG-3 25. Na população IG-4 a introgressão da linhagem L-14-4B promoveu acréscimo na produção de espigas por planta, sendo que para IG-4 100 foi de 88,15 g/planta e de 99,39 g/planta para IG-4 25, chegando até 103,10 g/planta para IG-4 75 (Tabela 7).

Apesar de a linhagem elite L-14-4B ter aumentado de forma gradativa a prolificidade das plantas, o mesmo não ocorreu com o peso de espigas por planta, contudo foi eficiente para aumentar o PESP e principalmente a produção de grãos por hectare.

Os coeficientes de variação obtidos neste experimento encontram-se dentro dos limites de boa precisão (Gomes, 1987 e Steel & Torrie, 1980) e se assemelham a valores obtidos para a cultura do milho por Esteves (1978), Souza Junior & Miranda Filho (1989), Arias (1995), Buitrago (1996) e Rezende (1997).

Espera-se que de uma população melhorada por seleção, extraíam-se linhagens superiores às linhagens obtidas na população original, e então os híbridos obtidos das populações melhoradas devem ser superiores em produtividade aos da população original (Allard, 1971; Simmonds, 1979)..

Os relatos de Burton et al. (1971) sugerem que a avaliação de linhagens S_1 *per se* pode identificar genótipos superiores com maior eficiência do que com a avaliação de topcrosses. Uma explicação é que na avaliação dos topcrosses, os alelos desfavoráveis podem ser mascarados pelo genótipo do testador. Os resultados de Horner et al. (1969, 1989) indicam que a avaliação de progênie autofecundadas (S_1) é superior à seleção baseada no comportamento dos topcrosses para aumentar a frequência de alelos favoráveis cuja contribuição maior se dá na forma de homozigotos.

A introgressão da linhagem elite na população original foi eficiente na síntese de populações base, para a extração de linhagens, visto que as linhagens obtidas apresentaram uma avaliação favorável no desempenho. Assim, a introgressão da linhagem L-23-2B na população IG-3, possibilitou a obtenção de linhagens com peso de espigas/planta, superior ao da população

original (IG-3 100). Também a produção de grãos/ha foi maior com as linhagens obtidas com maior nível de introgressão da linhagem elite, o que é o aspecto mais favorável. As demais características (AP, AE, AE/AP, AC e PROL) foram pouco alteradas nas linhagens obtidas nas populações base, que tiveram introgressão da linhagem elite. Já a introgressão da linhagem elite L-14-4B, na população original IG-4, possibilitou o melhoramento das populações base resultantes, visto que as linhagens obtidas dessas populações tiveram maior produção de grãos/ha, maior peso de espigas/planta, maior prolificidade e que são as características mais importantes do ponto de vista agrônomo. Também ocorreu uma redução no acamamento e acréscimos na altura de planta e altura de espiga, e com pequena alteração na posição relativa da espiga (AE/AP). Assim, para as duas populações utilizadas neste estudo (IG-3 e IG-4) a introgressão das linhagens elites, possibilitou o melhoramento das populações base resultantes, em função das linhagens obtidas dessas populações.

4.1.2 Avaliação dos topcrosses

Considerando apenas os resultados obtidos pelos topcrosses das linhagens extraídas de cada população, verifica-se que a introgressão das linhagens elites nas populações originais promoveu o seguinte: nas alturas de plantas (AP) na população IG-3 a linhagem L-23-2B acarretou acréscimos. Na população IG-3 100 a AP foi de 226,50 cm (valor menor) e em IG-3 25 de

232,94 cm (valor maior), e nas populações intermediárias de 228,00 cm. Da mesma forma, nas populações oriundas de IG-4, a introgressão da linhagem L-14-4B acarretou acréscimos. Na população IG-4 100 a AP foi de 228,30 cm (valor menor) e em IG-4 25 de 233,92 cm (valor maior) com as populações intermediárias (IG-4 75 e 50) com 231,00 cm (Tabela 6).

Para altura da espiga (AE), nas populações oriundas de IG-3, os valores não diferiram permanecendo próximos de 124,00 cm. Nas populações oriundas de IG-4, houve pequena tendência para aumento da AE, ainda que em IG-4 100 a AE foi de 120,28 cm e em IG-4 25 de 124,80 cm (Tabela 6).

A redução na altura da planta e da espiga, bem como da posição relativa da espiga, são caracteres importantes para possibilitar implementar maiores densidades de plantio e, também, a redução do acamamento de colmo e raízes (Johnson et al., 1986).

A posição relativa da espiga (AE/AP) nas populações oriundas da população IG-3 apresentou tendências de redução com a introgressão da linhagem elite L-23-2B, passando de 0,549 em IG-3 100 para 0,536 em IG-3 25. Nas populações oriundas da população IG-4, ocorreu o inverso, ou seja, houve tendência de acréscimo de AE/AP com a introgressão da linhagem elite L-14-4B, com o valor de 0,527 para IG-4 100 de 0,534 para IG-4 25, e com o valor de 0,536 nos tropcrosses de IG-4 50. Contudo, essas diferenças não foram significativas (Tabela 6).

Para percentagem de acamamento, apenas os topcrosses oriundos da população IG-3 100 apresentaram diferenças significativas sendo que o menor valor para AC (10,61%) foi da IG-3 100, enquanto o maior valor (15,15%) foi da população IG-3 25. Para as populações derivadas de IG-4 o AC variou de 13,16% (IG-4 50) a 15,41% (IG-4 75) (Tabela 6).

Quanto à prolificidade, verifica-se que os topcrosses das populações IG-3 obtiveram índices acima de 100, ao contrário das linhagens, o que é reflexo do testador usado no cruzamento, que foi a linhagem elite L-14-4B, que demonstrou alterar a prolificidade, nas linhagens obtidas nas populações derivadas de IG-4. O menor valor para a prolificidade foi de 106,85 para IG-3 50 e o maior de 115,29 para IG-3 25, sendo que para IG-3 100 foi de 112,40. Nas populações derivadas de IG-4 houve tendência de aumento da prolificidade com o aumento dos níveis de introgressão da linhagem elite, contudo com valores da prolificidade abaixo daqueles obtidos nas linhagens das populações derivadas de IG-4, o que pode ser consequência do testador usado no cruzamento, a linhagem elite L-23-2B. Essa linhagem não foi capaz de alterar a prolificidade das linhagens obtidas nas populações derivadas de IG-3. Apenas os topcrosses de IG-4 100 não conseguiram alcançar o índice 100, ou seja, produzir em média uma espiga por planta (Tabela 7).

A população de plantas por hectare na avaliação dos topcrosses variou de 56.222,2 plantas (IG-3 25) até 60.663,2 plantas para IG-4 100, cujos valores são abaixo do estande ideal programado, que foi de 62.500 plantas/ha (Tabela 7).

Para produção de grãos (kg/ha) o valor superior para as populações derivadas de IG-3 foi de 7.541,74 kg/ha para IG-3 25 e de 7.354,38 kg/ha para IG-3 100. A introgressão da linhagem elite L-23-2B promoveu um acréscimo de produtividade dos topcrosses nos níveis de IG-3 100 para IG-3 25, contudo não significativo. Para as populações derivadas de IG-4 a produção de grãos não apresentou diferenças significativas. O valor superior foi de 7.698,61 kg/ha para IG-4 25 e o menor de 7.564,92 kg/ha para IG-4 50. O resultado dos topcrosses não refletiu o aumento na produção das linhagens *per se* extraídas nas populações derivadas de IG-4 com a introgressão da linhagem elite L-14-4B, o que pode ser consequência do testador usado no cruzamento (Tabela 7).

Nas duas populações, para os caracteres PROL e PGRÃO, a avaliação com topcrosses tendeu a reduzir as diferenças entre elas. Isso sugere que as linhagens obtidas apresentam alta frequência de alelos favoráveis, que se refletem em alta capacidade de combinação com os testadores usados. O testador contribui com 50% dos genes nos topcrosses, e esses genes podem ter efeitos dominantes, epistáticos ou complementares (Genter & Alexander, 1962 e Smith, 1986). As linhagens endogâmicas usadas como testadores são efetivas para avaliar a capacidade geral e específica de combinação, possibilitando uma identificação precoce das melhores linhagens para a produção de híbridos (Zambesi et al., 1986).

O peso de espigas por planta (PESP) nas populações derivadas de IG-3, o valor superior foi de 183,96 g/planta para IG-3 25 e o inferior de 174,48 g/planta para IG-3 75 e sendo que para IG-3 100 foi de 174,85 g/planta, cujas diferenças são significativas. Os topcrosses das populações derivadas de IG-4 não diferiram significativamente sendo que o valor superior foi de 190,91 g/planta para IG-3 75 e o inferior de 185,14 g/planta para IG-4 25 (Tabela 7).

Nas Tabelas 6 e 7 verifica-se uma grande diferença nos valores entre as linhagens e os topcrosses para as características alturas de planta e espiga, peso de grãos (kg/ha) e peso de espigas por planta, isso, em função de que as linhagens foram obtidas por autofecundação e conseqüentemente são endogâmicas e tiveram depressão por endogamia. Já os topcrosses foram obtidos pelo cruzamento das linhagens com o testador (linhagem elite) e são resultados de cruzamentos entre genótipos diferentes e possuem o vigor híbrido (a heterose).

Nos topcrosses, considerando os dois grupos de populações, houve uma expressão heterótica considerável entre as linhagens e os testadores endógamos usados (IG-3 x L-14-4B e IG-4 x L-23-2B). Isto é conseqüência da alta freqüência de alelos favoráveis nas duas populações, que possibilitou boa capacidade de combinação entre esses genótipos. O que indica que a seleção recorrente interpopulacional, efetuada nestas populações foi eficiente (Buitrago, 1996; Rezende, 1997).

4.1.3 A análise de variância conjunta, para o experimento em blocos ao acaso, em faixas (linhagens e topcrosses)

Os quadrados médios e suas significâncias pelo teste F, da análise conjunta do experimento de blocos ao acaso em faixas, para os caracteres altura da planta (AP), altura da espiga (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), percentagem de acamamento (AC), prolificidade (PROL), população de plantas (POPUL), peso de grãos (PGRÃO) e peso de espigas por planta (PESP) estão apresentados nas Tabelas 8 e 9.

As características foram avaliadas em números diferentes de ambientes, daí a diferença no número de graus de liberdade (GL) especificado para cada uma delas nas análises de variância.

O CV(a)% calculado a partir do resíduo (a), referente a precisão das parcelas teve seu valor menor em 4,43% para AE/AP e o valor maior em 29,05% para AC. Para produção de grãos o CV(a) foi de 14,39%. Pode-se considerar que a precisão dos experimentos foi boa. O acamamento é uma característica, que tem uma variação de ocorrência inconsistente entre as parcelas, resultando o alto valor de C.V. (Tabelas 8 e 9).

Os coeficientes de variação obtidos neste experimento encontram-se dentro dos limites de boa precisão (Gomes, 1987 e Steel & Torrie, 1980) e se assemelham a valores obtidos para a cultura do milho por Esteves (1978), Souza Junior & Miranda Filho (1989), Arias (1995), Buitrago (1996) e Rezende (1997).

A média geral pode não representar os valores das populações para as características AP, AE, PGRÃO e PESP, principalmente; uma vez que a média foi obtida considerando as linhagens e os topcrosses conjuntamente, que são tipos de materiais com valores diferentes para essas características, em função da endogamia (linhagens) e da heterose (topcrosses).

Os efeitos de Repetições(Ambiente), e de Ambientes foram significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$), para todas as características, o que indica a variação de ambientes em que foram realizados os ensaios, como Piracicaba-SP e Senador Canedo-GO (Tabelas 8 e 9).

O efeito de populações foi significativo pelo teste F, para todas as características, exceto para AC. O desdobramento dos graus de liberdade para populações permite verificar que para as populações do grupo IG-3 houve diferenças significativas entre elas para todas as características, exceto para AE. O desdobramento dos GL das populações derivadas IG-3, através do uso de contrastes com polinômios ortogonais, demonstra que para AP houve significância nos três níveis na análise de regressão. Já para AE/AP e PESP houve significância da regressão linear. O acamamento e o peso de grãos tiveram significância na regressão quadrática. Para prolificidade houve significância para a regressão quadrática e a cúbica (Tabelas 8 e 9).

Caso a característica apresente significância da regressão linear, então a característica apresentou uma resposta linear com os acréscimos dos níveis de introgressão da linhagem elite na população originbal. Já com a

significância da regressão quadrática ou cúbica, a resposta nas populações, com os acréscimos dos níveis de introgressão da linhagem elite, seguiu o modelo quadrático ou cúbico, mas não o linear.

Ainda no desdobramento dos G.L. de populações, agora para o grupo IG-4, verifica-se que houve diferenças significativas para todas as características, exceto para população de plantas/ha (POPUL). O desdobramento dos G.L. das populações de IG-4, verifica-se a significância na regressão linear para AC, na regressão quadrática para AE/AP e PESP, nas regressões linear e quadrática, simultaneamente, para AE e nas regressões linear e cúbica, simultaneamente, para AP, PROL e PGRÃO (Tabelas 8 e 9).

Já a diferença entre as populações do grupo IG-3 com as do grupo IG-4, avaliada pelo efeito IG-3 vs IG-4, demonstra que houve significância para todas as características, exceto para posição relativa da espiga (AE/AP). Esse resultado demonstra a diferença existente entre as populações de IG-3 e IG-4, indicando que as estruturas genéticas provavelmente são diferentes.

A interação Populações x Ambientes avalia a classificação diferencial das populações em ambientes diferentes. Verifica-se que esse efeito foi significativo para todas as características, exceto para AE/AP. O desdobramento dos G.L. da interação Populações x Ambiente (A) permite verificar que no efeito (IG-3 vs IG-4) x A todas as características foram significativas, exceto para PGRÃO. No grupo de populações IG-3 as características de altura (AP, AE, AE/AP) não apresentaram diferenças

significativas, enquanto as demais apresentaram. A regressão linear foi significativa para AC, PROL, PGRÃO e PESP. A regressão quadrática foi significativa para AC e POPUL, e a regressão cúbica foi significativa para PGRÃO. No grupo das populações IG-4, as características AC e PESP apresentaram significâncias, sendo que para AC apenas a regressão linear foi significativa e para PESP a regressão linear e quadrática foram significativas (Tabelas 8 e 9).

A interação genótipo x ambiente é muito importante no melhoramento de plantas, pois pode requerer o desenvolvimento de cultivares específicos para cada ambiente (Allard & Bradshaw, 1964; Fehr, 1987; Esteves, 1978). Verma et al. (1978) consideram que o cultivar ideal é aquele que tem alta produtividade, associada à alta estabilidade, em ambientes desfavoráveis e é capaz de ser responsiva, em ambientes favoráveis.

O efeito de tipos, que avalia a variação existente entre as linhagens e os topcrosses, foi significativo para a maioria das características, exceto para AE/AP, AC e PROL. A prolificidade, pode ser explicada devido a prolificidade da linhagem L-14-4B, enquanto que nos topcrosses o cruzamento com a linhagem L-23-2B, de baixa prolificidade, reduziu a prolificidade dos topcrosses (Tabelas 8 e 9).

A interação de tipos x ambiente, avalia se o comportamento das linhagens e dos topcrosses é inconsistente através dos ambientes. Essa interação foi altamente significativa para todas as características ($P \leq 0,01$) e

significativa para AE ($P \leq 0,05$). Para o desdobramento dos G.L. para a interação População x Tipo, verificou-se que para as populações IG-3 x Tipo os caracteres AP, AE/AP, AC, POPUL e PGRÃO apresentaram significância. Verifica-se, ainda, que a regressão linear foi significativa para AP, AE/AP e AC. A regressão cúbica foi significativa para AE e as regressões quadrática e cúbica foram significativas, simultaneamente, para POPUL e PGRÃO. Já a interação IG-4 x Tipo foi significativa para prolificidade, população de plantas, peso de grãos e peso de espigas por planta. A regressão linear foi significativa para PROL, PGRÃO e PESP. A regressão quadrática foi significativa para POPUL e PGRÃO. A interação (IG-3 vs IG-4) x T foi significativa para os caracteres AE, AE/AP, AC, PROL e PESP (Tabelas 8 e 9).

A seleção baseada no comportamento de progênies S1, enfatiza os efeitos aditivos, enquanto que o método de topcrosses com testadores endógamos, aproveitam a ação gênica não aditiva também (Horner et al., 1989). De forma que a avaliação das populações, com base nos dois tipos de progênies conjuntamente, como proposto por Goulas & Lonquist (1976) e Coors (1988) permite uma avaliação mais precisa dos efeitos aditivos por meio das progênies S1, e a avaliação dos efeitos aditivos e não aditivos pelas progênies topcrosses. Arias (1995) trabalhando com as populações BR-105 e BR-106 e Souza Junior (1983), com as populações ESALQ-PB-1 e BR-105, associaram o efeito da interação genótipo x tipo com o coeficiente de correlação genética entre os tipos de progênies. Assim, quando a interação genótipo x tipo não foi significativa, a correlação genética entre os tipos de progênies foi

elevada, enquanto que a significância desta interação foi indicativa de baixos coeficientes de correlação genética entre as progênies.

A interação População x Tipo x Ambiente avalia a consistência de classificação das populações e os diferentes tipos de materiais (linhagens e topcrosses) em diferentes ambientes, ou seja, a consistência das interações simples ($P \times T$, $P \times A$ e $T \times A$). Com exceção das características AE/AP, todas as demais apresentaram diferenças significativas pelo teste F. Contudo, com o desdobramento dos G.L., verifica-se que a interação IG-3 x T x A apresentou significância apenas para AC e POPUL. Mas com o desdobramento dessa interação, a regressão quadrática para PESP também mostrou diferença significativa ($P \leq 0,05$). Para a interação IG-4 x T x A as características que apresentaram significância foram: AE, POPUL e PESP. O desdobramento dessa interação mostra que a regressão cúbica foi significativa para AE, AE/AP, POPUL e PESP e ainda a regressão quadrática para PESP. A interação (IG-3 vs IG-4) x T x A foi significativa para AP, AC, POPUL, PGRÃO e PESP (Tabelas 8 e 9).

4.1.4 Distribuições e variâncias fenotípicas

A característica peso de espiga por planta (PESP) foi avaliada em dez plantas por parcela, em dez repetições por ensaio em seis ambientes, totalizando 600 observações. Para as características alturas da planta (AP) e da espiga (AE), além disso, foi incluído a avaliação de mais um

ambiente com quatro plantas por parcela e dez repetições, totalizando 640 observações.

A distribuição dos dados individuais dos três caracteres avaliados, para cada tipo de população de cada grupo (IG-3 e IG-4), para as linhagens e topcrosses, encontram-se apresentados nas Figuras 1 a 12. Todas as populações derivadas de IG-3 e derivadas de IG-4, para as características PESP, AP e AE, tanto das linhagens como topcrosses se ajustaram a uma distribuição normal dos dados. Sendo que o valor menor de W foi de 0,896 para avaliação das linhagens obtidas da população IG-4 50 (Tabelas 10 a 15).

A assimetria mede a tendência de que os desvios sejam maiores para o lado direito (positivo) e para o esquerdo (negativo) da média. O valor da curtose dá idéia do achatamento da distribuição dos dados. Para peso de espigas/planta (PESP) todas as populações de IG-3 e de IG-4, tanto para as linhagens como topcrosses, obtiveram valores de assimetria e curtose positivos. Os valores de assimetria positivos são interessantes para essa característica, pois indica que os valores maiores são predominantes (Tabelas 10 e 11 e Figuras 1 a 4). Para altura da planta (AP) no grupo IG-3, as linhagens apresentaram assimetria crescente, com o aumento do nível de introgressão da linhagem e a curtose foi negativa em três populações. Nos topcrosses, as populações IG-3 75 e 50 apresentaram assimetria negativa e a IG-3 100, curtose negativa (Tabela 12, Figuras 5 e 7). Valores negativos de assimetria

são interessantes para AP, pois procura-se diminuir a altura da planta no melhoramento de milho. Para AP, nas linhagens, a população IG-4 50 foi a única que apresentou assimetria negativa, enquanto que IG-4 25, a única a apresentar curtose positiva. Já nos topcrosses, todas as populações apresentaram assimetria negativa, e IG-4 100 a única a apresentar curtose negativa (Tabela 13, Figuras 6 e 8).

Para altura da espiga (AE), as populações IG-3 apresentaram assimetria e curtose positivas, tanto nas linhagens como nos topcrosses (Tabela 14, Figuras 9 e 11). A população IG-4 50 foi a única a apresentar assimetria negativa nas linhagens. Todas apresentaram curtose positiva. Nos topcrosses, as populações IG-4 50 e 25 apresentaram assimetria negativa, e IG-4 50 também apresentou curtose negativa (Tabela 15, Figuras 10 e 12). Os valores de assimetria negativa para altura da espiga são interessantes, pois procura-se obter valores menores para a característica.

4.1.4.1 Variâncias fenotípicas das linhagens

Para a característica peso de espigas por planta (PESP), as populações com maior nível de introgressão da linhagem elite (IG-3 50 e 25) apresentaram os maiores valores de variância fenotípica. A população IG-3 50 apresentou a maior variância fenotípica ($\sigma^2_F = 2799,29$) e também o valor maior

para a característica (330 g) (Tabela 10). Já, em IG-4, todas as populações com introgressão da linhagem elite apresentaram variância fenotípica (σ^2_F) maior do que a $\sigma^2_F = 1567,42$ da população original (IG-4 100). Sendo que a população IG-4 50 obteve a maior variância fenotípica ($\sigma^2_F = 2289,72$), também o valor maior (335 g) para a característica (Tabela 11).

Verifica-se que tanto em IG-3 como IG-4, a introgressão da linhagem elite teve tendência de aumentar a σ^2_F para o PESP, o que é um aspecto positivo pois aumenta a probabilidade de obtenção de linhagens superiores nas populações com variância maior.

Para altura da planta (AP) a introgressão das linhagens elite promoveu redução na variância fenotípica (σ^2_F) das populações, sendo que o maior nível de introgressão proporcionou a menor variância fenotípica, tanto em IG-3 como IG-4 (Tabelas 12 e 13).

Para altura da espiga (AE), apenas IG-3 75 apresentou variância fenotípica maior que da população original (Tabela 14). Já em IG-4, todas as populações com introgressão da linhagem, apresentaram variância fenotípica menor que a população original (Tabela 15). O valor maior para AE foi menor para as populações com introgressão da linhagem elite, exceto para IG-3 75.

Para as alturas de planta e espiga procura-se obter redução dos valores dessas características, para possibilitar estande maior e redução do acamamento.

4.1.4.2 Variâncias fenotípicas dos topcrosses

Para a característica peso de espigas por planta (PESP), todas as populações que tiveram introgressão da linhagem elite, tiveram maior variância fenotípica (σ^2_F) do que a população original, tanto em IG-3 como em IG-4. Sendo que em IG-3 50 apresentou $\sigma^2_F = 4575,02$ e IG-4 25 com $\sigma^2_F = 4474,64$ como as maiores (σ^2_F) de cada grupo. O valor maior para PESP foi com 50% de participação da linhagem elite, tanto em IG-3 (490 g) como em IG-4 (535 g) (Tabelas 10 e 11).

A introgressão da linhagem elite nas populações IG-3 e IG-4 teve tendência a aumentar a variância fenotípica para PESP dos topcrosses obtidos. Isso aumenta a probabilidade de obtenção de genótipos superiores nas populações com variância maior.

Para altura da planta (AP), a introgressão da linhagem elite L-23-2B promoveu redução na variância fenotípica dos topcrosses obtidos, sendo que a menor $\sigma^2_F = 354,37$ foi de IG-3 25. Contudo, o valor maior para a característica nas populações com introgressão da linhagem elite foi igual ou menor do que para IG-3 100 (290 cm) (Tabela 12). No grupo IG-4, todas as populações com introgressão da linhagem elite apresentaram σ^2_F maior do que $\sigma^2_F = 355,58$ da população original, sendo que a maior $\sigma^2_F = 424,34$ foi de IG-4 25 (Tabela 13).

Para altura da espiga (AE) a população IG-3 25 foi a única a ter σ^2_F menor do que a população IG-3 100 ($\sigma^2_F = 233,47$) (Tabela 14). Já no grupo

IG-4 todas as populações com introgressão da linhagem elite tiveram variância fenotípica maior do que $\sigma^2_F = 187,61$ da população original (Tabela 15).

Na avaliação dos topcrosses verifica-se a tendência de aumento da variância fenotípica com a introgressão da linhagem elite para AE, tanto em IG-3 como IG-4 e para AP em IG-4, o que possibilita a obtenção de genótipos com a característica adequada.

4.2 Avaliação das populações em cruzamentos dialélicos

4.2.1 Médias das populações e híbridos

As médias obtidas para as alturas da planta (AP) e da espiga (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), percentagem de acamamento (AC), prolificidade (PROL). A população de plantas por hectare (POPUL) e produção de grãos (kg/ha) (PGRÃO), bem como a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade estão apresentadas nas Tabelas 16 e 17.

Para as populações derivadas de IG-3 verifica-se que as médias das alturas de planta, da espiga e posição relativa da espiga se mantiveram com valores próximos, ou seja, a introgressão da linhagem elite L-23-2B não alterou as características da população original IG-3 100. Sendo que os menores valores foram obtidos para IG-3 25, que possui endogamia ($F = 0,4375$), mas com valores próximos das demais populações. Já nas populações derivadas de IG-4, a IG-4 25 obteve os menores valores para AP, AE e AE/AP, sendo que

para AP e AE refletiu mais o efeito da endogamia ($F = 0,4375$), pois apresentou média AP = 210,69 e a população IG-4 100, média de 218,00 cm. Para AE, IG-4 25 apresentou média de 114,82 cm e IG-4 100 apresentou média de 119,74 cm. Contudo, verifica-se que a introgressão da linhagem elite L-14-4B, em IG-4, não alterou os valores para AP, AE e AE/AP, uma vez que as populações intermediárias (IG-4 75 e 50), tiveram valores próximos da população original (IG-4 100) (Tabela 16).

Os híbridos apresentaram, de modo geral, médias de AP e AE um pouco maiores do que as populações, o que reflete a heterose existente entre as populações IG-3 com as de IG-4. Sendo que a menor média de AP foi de 225,59 cm para o híbrido H 1x8 e a maior média foi de 232,47 para H 4x7. Já para AE, a menor média foi de 125,77 cm para H 3x8 e a maior 128,89 cm para H 4x7. Contudo, as médias de AP e AE não apresentaram diferenças significativas (Tabela 16).

A posição relativa da espiga (AE/AP) teve média geral de 0,552, indicando que a inserção da espiga ocorre um pouco acima da metade da planta. O menor valor de AE/AP foi 0,541 para IG-3 25 e H 3x8 e a maior foi de 0,564 para H 1x7 (Tabela 16).

As alturas da planta e da espiga, bem como a posição relativa da espiga são caracteres importantes para possibilitar uma maior densidade de plantio e a redução do acamamento de colmo e raízes (Johnson et al., 1986).

Os valores para AP, AE e AE/AP podem ser considerados adequados para os padrões atuais de melhoramento para essas características.

A percentagem de acamamento (AC) não apresentou diferença significativa entre todos os cultivares (populações e híbridos) e a média geral foi de 13,1% (Tabela 17).

Para prolificidade, a linhagem elite L-23-2B do grupo IG-3, promoveu uma redução nos valores, obtendo o menor valor para esse carácter em IG-3 25 com 95,2, sem alcançar o índice de 100, quando, em média, todas as plantas produzem uma espiga por planta. No grupo IG-4 a linhagem elite L-14-4B promoveu acréscimos na prolificidade, com o aumento de sua participação na população, obtendo o maior valor para prolificidade em IG-4 25, com 121,6. Verifica-se ainda que os híbridos resultantes das populações IG-4 50 e IG-4 25 obtiveram os maiores valores para a prolificidade. Salienta-se, ainda, que todos os híbridos tiveram prolificidade acima de 100, o que indica que todas as plantas produzem pelo menos uma espiga. O maior valor foi de 114,4 para H 4x8 e o menor 101,9 para H 4x5 (Tabela 17).

A população média de plantas/ha nos ensaios foi de 59.693,28 plantas, que é abaixo do estande ideal de 62.500 plantas/ha. A população IG-3 25 obteve o valor menor com 56.451,4 plantas/ha e a única com diferença estatística pelo teste de Tukey (5%) dos demais cultivares (Tabela 17).

Na produção de grãos, a introgressão da linhagem elite L-23-2B na população IG-3 promoveu uma tendência de redução na produção de grãos

com o aumento de nível de participação da linhagem; passando de 6.297,5 kg/ha em IG-3 100 para 6.074,2 kg/ha em IG-3 50. A população IG-3 25 apresentou maior redução devido ser uma população que possui endogamia ($F = 0,4375$). Entretanto, a introgressão da linhagem elite L-14 4B na população IG-4 promoveu acréscimos na produção de grãos com o aumento do nível de participação da linhagem; passando de 6.340,8 kg/ha em IG-4 100, para 6.614,2 kg/ha em IG-4 50. A população IG-4 25 apresentou redução na produção devido ser uma população que possui endogamia ($F = 0,4375$) (Tabela 17).

Os híbridos apresentaram produções de grãos superiores as das populações, o que demonstra a heterose existente entre a população IG-3 e a linhagem L-23-2B com a população IG-4 e a linhagem L-14-4B, respectivamente. A maior produção de grãos foi de 7.999,6 kg/ha para o híbrido H 4x8 (IG-3 25 x IG-4 25), que possui o maior nível de introgressão das linhagens nas populações (Tabela 17). Considerando que o híbrido H 1x5 (IG-3 100 x IG-4 100), que é entre as populações originais, obteve produção de grãos de 7.905,6 kg/ha, que é abaixo da produção do H 4x8, verifica-se que a introgressão das linhagens elites melhorou a produtividade do híbrido interpopulacional. Considerando que a produtividade do híbrido interpopulacional é a média de todos os híbridos possíveis entre as populações envolvidas, então no H 4x8 há maiores chances de se obter híbridos de maior produtividade do que no híbrido entre as populações originais (H 1x5). Salienta-se ainda a produtividade de H 1x5, o que reflete o bom nível de melhoramento na síntese

das populações IG-3 e IG-4, e como relatados por Rezende (1997). Esses resultados mostram, portanto, a possibilidade de obtenção de híbridos mais produtivos com as populações que tiveram a introgressão das linhagens elites.

4.2.2 Análise estatística-genética: capacidade geral e específica de combinação

As estimativas das capacidades gerais de combinação (CGC) das populações e as estimativas das capacidades específicas de combinação (CEC) dos híbridos estão apresentadas na Tabela 18.

Para altura de planta (AP), nas populações derivadas de IG-3, a CGC aumentou com o nível de participação da linhagem elite L-23-2B, chegando ao maior valor de 1,94 em IG-3 25. Entretanto, apenas a IG-3 75 apresentou CGC negativa (-1,08), além da população original. Já em IG-4, as duas populações extremas (IG-4 100 e IG-4 25) apresentaram os maiores valores de CGC e as intermediárias, valores negativos, sendo o menor para IG-4 75 (CGC = -0,87). Nos híbridos, o maior valor de CEC foi 1,80 para H 1x5, seguido de 1,66 para H 2x8. Já o menor valor de CEC = -2,76 foi para H 1x8 seguido de H 4x6 (CEC = -1,58) (Tabela 18).

Para a altura de espiga (AE), no grupo IG-3, as duas populações extremas (IG-3 100 e IG-3 25) apresentaram os mesmos valores de CEC (0,33) e as populações intermediárias, valores de CGC negativos, sendo o menor para IG-3 50 com CEC = -0,37. Já em IG-4 destaca-se a população IG-4 75 que

apresentou o maior valor de CEC (0,23), sendo que a população original e a IG-4 25 apresentaram o mesmo valor de CGC e negativos (-0,12). Nos híbridos, o maior valor de CEC foi de 1,48 para H 2x8 seguido de 1,26 para H 4x7 e o menor para H 4x6 (CEC = -1,23), seguido por H 2x7 com -1,08 (Tabela 18).

Para a posição relativa da espiga (AE/AP) no grupo IG-3 houve tendência de reduzir a CGC com a introgressão da linhagem elite, sendo que para IG-3 100 (CGC = 0,0054) e o menor para IG-3 50 com -0,0036. Em IG-4, as populações extremas apresentaram valores negativos de CGC, e as populações intermediárias, valores positivos. O menor valor foi para a população original (CGC = -0,0021). Nos híbridos, a maior CEC foi de 0,0061 para H 3x5, seguida de 0,0029 para H 1x7 e H 4x7, contudo, o menor valor foi para H 1x5 com CEC = -0,0057, seguido de H 3x8 com -0,0054 (Tabela 18).

Para percentagem de acamamento (AC), a introgressão da linhagem elite L-23-2B mostrou tendência de aumentar a CGC à medida do aumento de sua participação, chegando a CGC de 1,282 para IG-3 25 e o menor valor foi CGC = -0,685 para a população original. Já a introgressão da linhagem elite L-14-4B mostrou tendência a reduzir a CGC, sendo a maior CGC de IG-4 100 com 0,539 e a menor de -0,653 para IG-3 50. Nos híbridos as maiores CEC foram para H 4x5 (2,457) e H 3x6 (1,435) e as menores para H 3x5 (-2,625) seguido por H 4x6 (-1,682) (Tabela 18).

A prolificidade (PROL), no grupo IG-3, teve a CGC com tendência a decrescer com o nível de introgressão da linhagem elite L-23-2B, sendo que o

maior valor da CGC foi para a população original (IG-3 100) com 0,81. No grupo IG-4, a tendência foi de aumentar a CGC das populações com o aumento do nível de introgressão da linhagem elite L-14-4B, chegando ao valor maior de CGC, para IG-4 25, com 4,17. Entre os híbridos, a maior CEC foi de 3,46 para H 4x8. Destacam-se ainda a CEC dos híbridos com participação da população 7 (IG-4 50) e as baixas CEC nos híbridos com participação da população 4 (IG-3 25) (Tabela 18).

Para a produção de grãos (PGRÃO), no grupo IG-3, a introgressão da linhagem elite L-23-2B, aumentou a CGC das populações com o aumento do nível de sua participação, obtendo o máximo da CGC de 44,32, para IG-3 25. Demonstra, assim, a boa capacidade de combinação da linhagem L-23-2B para a produção de grãos. Já no grupo IG-4, a melhor CGC foi para IG-4 100 com 13,13. Entre os híbridos destacam-se as CEC do híbrido H 4x8, que é o cruzamento entre as populações com o maior nível de introgressão das linhagens elites (IG-3 25 x IG-4 25), com 107,63, e do híbrido H 1x5, que é o cruzamento entre as populações originais (IG-3 100 x IG-4 100) (Tabela 18).

A média do híbrido interpopulacional é função do modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$$

e, portanto, os híbridos superiores são os que associam os valores maiores de CGC e CEC. O híbrido H 4x8, que é oriundo do cruzamento entre IG-3 25 e

IG-4 25, apresentou o maior valor da CEC (107,63 kg/ha), o que reflete a CEC das linhagens introgridas. Além disso, a população IG-3 25 apresentou a maior CGC do grupo (44,32 kg/ha) e a IG-4 25 uma CGC baixa, mas positiva (7,84 kg/ha), que resultou no híbrido mais produtivo ($H 4 \times 8 = 7.999,6$ kg/ha).

4.2.3 A análise de variância conjunta para o experimento em blocos ao acaso com as populações e os híbridos (dialélico parcial)

Os quadrados médios e suas significâncias pelo teste F da análise conjunta de variâncias da avaliação das populações e os híbridos (dialélico parcial), para os caracteres altura da planta (AP), altura da espiga (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), acamamento (AC), prolificidade (PROL), população de plantas (POPUL) e produção de grãos (PGRÃO) estão apresentados nas Tabelas 19 e 20.

O coeficiente de variação (CV) que indica a precisão dos ensaios, teve o menor valor para AE/AP com 3,60%. Para PGRÃO foi de 10,47%. Dessa forma, pode-se considerar que a precisão dos ensaios foi boa para a maioria das características. Exceto para AC, que obteve CV = 32,44%. O acamamento é uma característica que tem uma variação de ocorrência inconsistente entre as parcelas, daí resultando o alto índice de variação (Tabelas 19 e 20). Os coeficientes de variação obtidos neste experimento encontram-se dentro dos limites de boa precisão (Gomes, 1987 e Steel & Torrie, 1980) e se assemelham a valores obtidos para a cultura do milho por Esteves (1978), Souza

Junior & Miranda Filho (1989), Arias (1995), Buitrago (1996) e Rezende (1997).

Os efeitos de Repetições(Ambientes) e de Ambientes foram altamente significativos pelo teste F ($P \leq 0,01$) para todas as características, o que indica a variação nos ambientes em que foram realizados os ensaios (Tabelas 19 e 20).

O efeito de Cultivares foi altamente significativo para todas as características, exceto para acamamento (AC), indicando que há diferença entre os cultivares para a maioria das características. O desdobramento dos G.L. de Cultivares, em Grupos, Populações e Híbridos, permite verificar que entre Grupos, ou seja, Populações vs Híbridos, ocorreu significância para todas as características, exceto para PROL. Já para o efeito de Populações, ocorreu variação significativa para todas as características. Para o efeito de Híbridos, ocorreram diferenças significativas para AE, AE/AP, AC e PROL (Tabelas 19 e 20).

No desdobramento dos G.L. de Populações, a Pop. IG-3 não apresentou significância para AP e AE. A regressão para as populações derivadas de IG-3 mostra que a regressão linear foi significativa para as demais características. Destaca-se, ainda, a significância para PGRÃO na regressão quadrática e cúbica (Tabelas 19 e 20).

Caso a característica apresente significância da regressão linear, então a característica apresentou uma resposta linear com os acréscimos dos

níveis de introgressão da linhagem elite na população original. Já com a significância da regressão quadrática ou cúbica, a resposta nas populações, com os acréscimos dos níveis de introgressão da linhagem elite, seguiu o modelo quadrático ou cúbico, mas não o linear.

Para as populações derivadas de IG-4, ocorreram significâncias para AP, AE, PROL e PGRÃO. Para AP e AE, a regressão linear e a quadrática apresentaram significância. Para PROL, a regressão linear e a cúbica foram significativas. Entretanto, para PGRÃO, ocorreu diferença significativa em todos os níveis de regressão. A existência de duas populações (IG-3 25 e IG-4 25), com endogamia ($F = 0,4375$) incrementou a ocorrência de variação entre as populações. Para IG-3 vs IG-4 ocorreu diferença significativa para todas as características, exceto AE/AP (Tabelas 19 e 20).

Esse resultado demonstra a diferença existente entre as populações IG-3 e IG-4, o que indica que as estruturas genéticas dessas populações, são diferentes. Resultados semelhantes foram obtidos por Rezende (1977).

Para o efeito Híbridos de IG-3 (CGC), o que corresponde ao efeito da capacidade geral de combinação (CGC) de IG-3, ocorreu significância para AP e AE/AP. Para essas duas características, a regressão linear foi significativa. Para o efeito Híbridos de IG-4 (CGC), o que corresponde ao efeito da capacidade geral de combinação (CGC) de IG-4, ocorreram diferenças significativas para AE/AP e PROL. Para AE/AP a regressão quadrática foi significativa, enquanto que para PROL, a regressão linear foi significativa. O

efeito Híb. IG-3 x Híb. IG-4 (CEC), o que corresponde ao efeito da capacidade específica de combinação (CEC) entre IG-3 e IG-4, foi significativo para a maioria das características, exceto POPUL e PGRÃO (Tabelas 19 e 20).

A interação Cultivares x Ambientes avalia a classificação diferencial dos cultivares em ambientes diferentes. O efeito foi altamente significativo ($P \leq 0,01$) para todas as características (Tabelas 19 e 20). No desdobramento dos graus de liberdade dessa interação verifica-se que, o efeito Grupos x Ambiente também foi altamente significativo para todas as características.

O efeito de Populações x A foi altamente significativo para AP, AC, PROL e PGRÃO. O desdobramento desse efeito mostra que (Pop IG-3 vs Pop IG-4) x A foi significativo para todas as características. Enquanto no grupo de populações IG-3 (Pop IG-3 x A) ocorreu significância para AC, PROL, POPUL e PGRÃO. Sendo que para AC e POPUL, a regressão linear foi significativa; para PROL a regressão cúbica e para PGRÃO as regressões linear e quadrática foram significativas. No grupo das populações IG-4 (Pop. IG-4 x A), a interação foi significativa para PROL e PGRÃO. O desdobramento dessa interação demonstra que as regressões linear e quadrática foram significativas para PROL, enquanto a regressão linear foi significativa para PGRÃO (Tabelas 19 e 20).

O efeito de Híbridos x A foi significativo ($P \leq 0,05$) para AE, AE/AP, AC e PGRÃO. O desdobramento permite verificar que a significância ocorre apenas em Híb. IG-3 (CGC) x A e não ocorre em Híb. IG-4 (CGC) x A e

(Híb. IG-3 x Híb. IG-4) (CEC) x A. No desdobramento de Hib. IG-3 (CGC) x A verifica-se que a regressão linear foi significativa para as características AP, AE e PGRÃO. O desdobramento de Híb. IG-4 (CGC) x A mostrou significância na regressão linear para AE e AE/AP (Tabelas 19 e 20).

A interação genótipo x ambiente é muito importante no melhoramento de plantas, pois pode requerer o desenvolvimento de cultivares específicos para cada ambiente. Para a seleção da produção de grãos é conveniente identificar e usar ambientes específicos, para reduzir o efeito da interação genótipo x ambiente (Allard & Bradshaw, 1964 e Fehr, 1987).

4.3. Considerações Gerais

As linhagens obtidas das populações com 75% de participação da linhagem elite, obtiveram as maiores produções de grãos, tanto no grupo IG-3 como no IG-4. Contudo, pela rapidez e facilidade de obtenção, pois é necessário apenas o cruzamento da linhagem elite com a população original, as populações com 50% de introgressão da linhagem também apresentam potencial para programa de melhoramento.

Assim, para peso de espigas/planta, as populações com 50% de introgressão da linhagem elite, obtiveram o segundo maior valor, tanto nas linhagens obtidas como nos topcrosses. Na produção de grãos/ha, as linhagens obtidas de IG-3 50 não apresentaram diferença significativa de IG-3 25, e no grupo IG-4 foi a segunda maior produção (Tabela 7).

Destaca-se ainda que a variância fenotípica (σ^2_F) para peso de espigas/planta foi a maior nas populações com 50% de introgressão das linhagens, tanto no grupo de IG-3 como IG-4, de linhagens e topcrosses, exceto para os topcrosses de IG-4. Também o valor maior para a característica PESP foi obtido nas populações com 50% de introgressão das linhagens, em IG-3 e IG-4, e nas linhagens e topcrosses (Tabelas 10 e 11).

Nas populações *per se*, a IG-3 50 não apresentou diferença significativa em relação a população original para a produção de grãos. Já IG-4 50 obteve a maior produção de grãos desse grupo, não ocorrendo problemas de endogamia na população, como o de IG-4 25.

O híbrido interpopulacional H 3x7, entre IG-3 50 e IG-4 50 teve produção de grãos (7.794,2 kg/ha) próxima do valor obtido do híbrido entre as populações originais H 1x5 de 7.905,6 kg/ha (Tabela 17).

A capacidade geral de combinação da população IG-4 50 (11,93) ficou um pouco abaixo da melhor CGC do grupo (13,15). E, no grupo IG-3 foi o segundo valor maior de CGC para produção de grãos (Tabela 18).

Dessa forma, verifica-se que o método de introgressão de linhagens elites nas populações originais, apresenta a flexibilidade de dosagem de introgressão da linhagem elite.

5 CONCLUSÕES

- 1 – O método demonstrou eficiência em alterar as características agronômicas importantes, como a produção de grãos e a prolificidade. Contudo, possibilita manter determinadas características da população, tais como alturas da planta e da espiga e posição relativa da espiga; em função das próprias características das linhagens elites. Dessa forma, é fundamental a escolha da linhagem elite a ser usada no processo de introgressão.
- 2 - A introgressão das linhagens elites possibilitou a obtenção de populações base de onde foram extraídas linhagens superiores nas duas populações estudadas (IG-3 e IG-4). O nível de introgressão das linhagens elite nas populações, de 75%, apresentou os melhores resultados nas linhagens extraídas dessas populações. Contudo, pela rapidez e facilidade de obtenção, as populações com 50% de introgressão da linhagem também apresentam potencial em programas de melhoramento.
- 3 - Nas populações *per se*, a introgressão da linhagem L-23-2B, em IG-3, tendeu a reduzir a produção de grãos dessas populações, com o aumento

do nível de introgressão, mas melhorou a produção de grãos (kg/ha) e o peso de espigas por planta, das linhagens e topcrosses extraídos da população resultante (IG-3 25).

- 4 - Nas populações *per se*, a introgressão da linhagem L-14-4B, em IG-4, tendeu a aumentar a produção de grãos dessas populações, com o aumento do nível de introgressão, e foi eficiente para alterar a prolificidade, a produção de grãos (kg/ha) e o peso de espigas por planta, das linhagens extraídas das populações resultantes.
- 5 - A maior produção de grãos, entre os híbridos populacionais foi entre IG-3 25 x IG-4 25, o que demonstra também a eficiência da introgressão das linhagens elites nas populações originais, para melhorar a média do híbrido interpopulacional.
- 6 - O método de introgressão de linhagens elites nas populações originais, demonstrou ser eficiente para o melhoramento das populações, para a extração de linhagens, em programas de obtenção de híbridos de milho.

ANEXO A

(Figuras)

IG - 3 100

IG - 3 75

IG - 3 50

IG - 3 25

Figura 1 - Distribuição de frequência do peso de espigas por planta (g/planta), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG - 3.

IG - 4 100

IG - 4 75

IG - 4 50

IG - 4 25

Figura 2 - Distribuição de frequência do peso de espigas por planta (g/planta), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG - 4.

IG - 3 100

IG - 3 75

IG - 3 50

IG - 3 25

Figura 3 - Distribuição de frequência do peso de espigas por planta (g/planta), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG - 3.

IG - 4 100

IG - 4 75

IG - 4 50

IG - 4 25

Figura 4 - Distribuição de frequência do peso de espigas por planta (g/planta), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG - 4.

IG - 3 100

IG - 3 75

IG - 3 50

IG - 3 25

Figura 5 - Distribuição de frequência da altura de planta (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG - 3.

IG - 4 100

IG - 4 75

IG - 4 50

IG - 4 25

Figura 6 - Distribuição de frequência da altura de planta (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG - 4.

IG - 3 100

IG - 3 75

IG - 3 50

IG - 3 25

Figura 7 - Distribuição de frequência da altura de planta (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG - 3.

IG - 4 100

IG - 4 75

IG - 4 50

IG - 4 25

Figura 8 - Distribuição de frequência da altura de planta (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG - 4..

IG - 3 100

IG - 3 75

IG - 3 50

IG - 3 25

Figura 9 - Distribuição de frequência da altura de espiga (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG - 3.

Figura 10 - Distribuição de frequência da altura de espiga (cm), das linhagens obtidas nas populações do grupo IG - 4.

IG - 3 100

IG - 3 75

IG - 3 50

IG - 3 25

Figura 11 - Distribuição de frequência da altura de espiga (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG - 3.

IG - 4 100

IG - 4 75

IG - 4 50

IG - 4 25

Figura 12 - Distribuição de frequência da altura de espiga (cm), dos topcrosses obtidos nas populações do grupo IG - 4.

ANEXO B

(Tabelas)

Tabela 6 - Valores médios de altura da planta (cm) (AP), altura da espiga (cm) (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), percentagem de acamamento (AC), para as linhagens e topcrosses de cada população.

População	AP (cm)	AE (cm)	AE/AP	AC (%)
Linhagens				
1 - IG - 3 100	189,81 bc	101,87 ab	0,538 ab	14,16 ab
2 - IG - 3 75	194,17 b	103,66 a	0,535 ab	16,28 a
3 - IG - 3 50	193,65 b	101,73 ab	0,526 bc	15,28 ab
4 - IG - 3 25	203,29 a	104,65 a	0,516 c	13,76 abc
5 - IG - 4 100	183,36 d	96,97 c	0,531 ab	13,39 abc
6 - IG - 4 75	188,81 c	101,61 ab	0,539 a	12,95 abc
7 - IG - 4 50	186,63 cd	99,95 bc	0,537 ab	10,32 c
8 - IG - 4 25	191,32 bc	101,48 ab	0,532 ab	11,11 bc
CV (%)	5,13	7,14	4,64	26,62
Topcrosses				
1 - IG - 3 100	226,50 d	124,40 a	0,549 a	10,61 b
2 - IG - 3 75	228,15 cd	123,31 ab	0,540 abc	14,69 a
3 - IG - 3 50	228,95 bcd	124,94 a	0,545 ab	15,15 a
4 - IG - 3 25	232,94 ab	124,81 a	0,536 bcd	13,66 ab
5 - IG - 4 100	228,30 cd	120,28 b	0,527 d	15,04 ab
6 - IG - 4 75	231,53 abc	122,84 ab	0,530 cd	15,41 ab
7 - IG - 4 50	231,73 abc	124,18 a	0,536 bcd	13,16 ab
8 - IG - 4 25	233,92 a	124,80 a	0,534 cd	15,10 ab
CV (%)	4,04	6,23	4,13	27,82

OBS: as médias com letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Valores médios de prolificidade (PROL), população (POPUL) (plantas por hectare), peso de grãos (PGRÃO) (Kg/ha e U = 15,5%) e peso de espigas despalhadas (PESP) (g/planta), para as linhagens e topcrosses de cada população.

População	PROL	POPUL (Plantas/ha)	PGRÃO (kg/ha)	PESP (g/planta)
Linhagens				
1 - IG - 3 100	98,64 d	57201,3 abc	3263,47 cd	95,64 abc
2 - IG - 3 75	97,05 d	56006,9 c	3011,50 d	93,26 bc
3 - IG - 3 50	93,86 d	56756,9 bc	3160,09 cd	100,27 ab
4 - IG - 3 25	97,50 d	55399,3 c	3319,41 c	103,17 a
5 - IG - 4 100	95,73 d	57375,0 abc	3093,53 cd	88,15 c
6 - IG - 4 75	105,89 c	59076,3 a	3732,22 b	103,10 a
7 - IG - 4 50	112,42 b	58982,6 a	3774,27 b	100,06 ab
8 - IG - 4 25	126,61 a	58822,9 ab	4089,26 a	99,39 ab
CV (%)	12,12	8,10	17,22	16,00
Topcrosses				
1 - IG - 3 100	112,40 ab	59885,4 ab	7354,38 ab	174,85 c
2 - IG - 3 75	109,86 bc	58104,1 b	7208,34 b	174,48 c
3 - IG - 3 50	106,85 cd	56222,2 c	6832,87 c	176,98 bc
4 - IG - 3 25	115,29 a	59260,4 ab	7541,74 ab	183,96 abc
5 - IG - 4 100	98,34 e	60663,2 a	7648,97 a	187,42 ab
6 - IG - 4 75	102,66 de	59753,4 ab	7616,28 a	190,91 a
7 - IG - 4 50	103,45 d	60135,4 a	7564,92 a	188,37 a
8 - IG - 4 25	109,07 bc	60260,4 a	7698,61 a	185,17 abc
CV (%)	9,24	6,80	10,43	10,77

OBS: as médias com letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância conjunta (QM e Teste F), do experimento de blocos ao acaso, em faixas, para as características: altura da planta (AP, cm), altura da espiga (AE, cm), posição relativa da espiga (AE/AP), acamamento (AC).

Fonte Variação	GL	AP (cm)	AE (cm)	AE/AP	AC (%)
Repetições (Ambiente)	72	397,70**	185,24**	0,00148**	2,8448**
Ambientes (A)	7	28966,19**	3845,90**	0,07652 **	396,9574 **
Populações	7	2100 **	518,35 **	0,00472 **	4,0485
IG - 3	3	2838,67 **	83,51	0,00866 **	4,17 **
Regressão linear	1	7209,30 **	173,04	0,02422 **	0,31
Regressão quadrática	1	581,21 *	44,28	0,00050	11,60 **
Regressão cubica	1	725,51 **	33,22	0,00125	0,62
IG - 4	3	1265,36 **	629,51 **	0,00173 *	2,95 *
Regressão linear	1	3000,41 **	1432,19 **	0,00141	4,32 *
Regressão quadrática	1	32,53	256,03 *	0,00377 **	1,62
Regressão cubica	1	763,13 **	200,30	0,000006	2,91
IG - 3 vs IG - 4	1	2391,75 **	1489,43 **	0,00188	6,94 **
Populações x Ambiente	49	144,63 **	71,34 *	0,00062	2,2041 **
IG - 3 x A	21	145,15	62,05	0,00058	2,06 **
Regressão linear x A	7	260,39 *	80,73	0,00087	3,58 **
Regressão quadrática x A	7	64,12	50,45	0,00045	2,08 *
Regressão cubica x A	7	110,96	54,99	0,00041	0,51
IG - 4 x A	21	107,83	41,51	0,00043	2,03 **
Regressão linear x A	7	80,59	46,46	0,00038	3,06 **
Regressão quadrática x A	7	160,83	39,84	0,00071	1,87
Regressão cubica x A	7	82,07	38,24	0,00018	1,16
(IG - 3 vs IG - 4) x A	7	253,45 *	188,66 **	0,00130 *	3,13 **
Resíduo (a)	504	107,40	64,06	0,00056	0,9580
Tipos (T)	1	483523,36 **	157765,41 **	0,00937	0,1278
Tipos x Ambiente	7	2051,34 **	1618,64 **	0,01225 **	16,2135 **
Resíduo (b)	72	325,37 **	152,93	0,00101	1,2309
População x Tipo	7	1317,59 **	110,31 *	0,00446 **	2,4502 **
IG - 3 x T	3	371,23 **	121,87	0,00182 *	2,38 *
Regressão linear x T	1	785,56 **	25,08	0,00311 *	4,87 **
Regressão quadrática x T	1	86,95	0,27	0,00064	2,13
Regressão cubica x T	1	241,17	340,24 **	0,00173	0,15
IG - 4 x T	3	74,19	64,33	0,00092	0,41
Regressão linear x T	1	43,10	18,58	0,00137	0,99
Regressão quadrática x T	1	0,73	13,89	0,00075	0,0001
Regressão cubica x T	1	178,74	160,51	0,00065	0,24
(IG - 3 vs IG - 4) x T	1	7886,90	213,57 *	0,02296 **	8,74 **
População x Tipo x Ambiente	49	109,59 *	70,63 *	0,00069	3,5955 **
IG - 3 x T x A	21	90,70	52,85	0,00068	2,12 **
Regressão linear x T x A	7	104,23	21,25	0,00065	3,79 **
Regressão quadrática x T x A	7	55,07	90,67	0,00108	1,51 *
Regressão cubica x T x A	7	112,81	46,64	0,00032	1,06
IG - 4 x T x A	21	103,97	87,85 *	0,00067	0,79
Regressão linear x T x A	7	122,61	38,59	0,00014	1,16
Regressão quadrática x T x A	7	50,73	34,84	0,00019	0,45
Regressão cubica x T x A	7	138,55	190,12 **	0,00169 **	0,77
(IG - 3 vs IG - 4) x T x A	7	183,09	72,31	0,00081	16,40 **
Resíduo (c)	504	76,19	47,97	0,00054	0,7260
Total	1279	689,31	225,32	0,00117	3,4122
CV (%) a		4,91	7,10	4,43	29,05
Média		210,82	112,59	0,534	13,75

Tabela 9 - Resumo da análise de variância conjunta, do experimento de blocos ao acaso, em faixas, para as características: prolificidade (PROL), população (POPUL, plantas/ha), peso de grãos (PGRÃO, kg/ha e U = 15,5%) e peso de espigas (PESP, g/planta).

Fonte Variação	GL	PROL	GL	POPUL	PGRÃO	GL	PESP
Repetições (Ambiente)	63	361,49 **	81	41662997,02 **	1652745,08 **	54	619,14 **
Ambientes (A)	6	20063,93 **	8	2231995544,43 **	198509789,70 **	5	73420,38 **
Populações	7	5251,14 **	7	274512329,10 **	16477139,71 **	7	2585,17 **
IG - 3	3	1007,35 **	3	135092728,22 **	6842315,78 **	3	2235,77 **
Regressão linear	1	1,58	1	159259141,71 **	569368,61	1	5298,48 **
Regressão quadrática	1	2297,02 **	1	243907470,70 **	18036881,41 **	1	1197,00
Regressão cubica	1	723,46 *	1	2111572,26	1920697,32	1	211,82
IG - 4	3	10493,05 **	3	11376229,74	8289505,44 **	3	1803,79 **
Regressão linear	1	30556,75 **	1	26372504,34	21998202,86 **	1	678,93
Regressão quadrática	1	248,47	1	7682834,20	278487,22	1	3743,62 **
Regressão cubica	1	673,93 *	1	73350,69	2591826,24 *	1	988,80
IG - 3 vs IG - 4	1	2256,81 **	1	1482179429,79 **	69944514,31 **	1	5977,52 **
Populações x Ambiente	42	206,01 **	56	33885018,48 **	870180,41 **	35	711,87 **
IG - 3 x A	18	246,36 *	24	32215225,78 *	991214,42 *	15	656,04 *
Regressão linear x A	6	389,49 *	8	36183763,29	1426772,47 *	5	827,51 *
Regressão quadrática x A	6	101,24	8	46473083,49 *	245425,03	5	720,97
Regressão cubica x A	6	248,35	8	13988830,56	1301445,76 *	5	419,65
IG - 4 x A	18	97,80	24	18363941,33	708690,34	15	686,72 *
Regressão linear x A	6	104,02	8	29966986,76	860167,79	5	777,84 *
Regressão quadrática x A	6	91,46	8	17927585,17	831489,68	5	799,89 *
Regressão cubica x A	6	97,92	8	7197252,06	434413,56	5	482,43
(IG - 3 vs IG - 4) x A	6	409,57 **	8	85457628,03 **	991548,55	5	954,79 *
Resíduo (a)	441	140,85	567	19905770,11	611666,82	378	344,80
Tipos (T)	1	3995,85	1	1209427151,15 **	5768051146,54 **	1	1729285,70 **
Tipos x Ambiente	6	3092,59 **	8	78144802,51 **	14574767,75 **	5	5641,57 **
Resíduo (b)	63	111,00	81	16889746,39	471392,61	54	399,60
População x Tipo	7	5651,49 **	7	93768824,01 **	4640392,72 **	7	1530,40 **
IG - 3 x T	3	191,71	3	155445014,10 **	2927302,58 **	3	124,87
Regressão linear x T	1	263,47	1	1819688,58	37916,13	1	0,07
Regressão quadrática x T	1	290,34	1	279300265,84 **	2213963,90 *	1	32,55
Regressão cubica x T	1	21,32	1	185215087,89 **	6530027,72 **	1	342,01
IG - 4 x T	3	2582,98 **	3	58832103,58 *	7679225,95 **	3	1112,36 **
Regressão linear x T	1	7668,82 **	1	57981879,34	19338026,94 **	1	2407,00 **
Regressão quadrática x T	1	65,34	1	94340820,31 *	2702061,14 **	1	592,96
Regressão cubica x T	1	14,79	1	24173611,11	997589,76	1	337,12
(IG - 3 vs IG - 4) x T	1	31236,38 **	1	13550415,03	663163,41	1	7001,10 **
População x Tipo x Ambiente	42	185,08 *	56	34099024,21 **	1311775,19 **	35	944,83 **
IG - 3 x T x A	18	148,17	24	35581224,22 **	448074,32	15	407,24
Regressão linear x T x A	6	158,62	8	14038621,69	558710,94	5	243,19
Regressão quadrática x T x A	6	162,48	8	68461947,97 **	319106,32	5	819,84 *
Regressão cubica x T x A	6	123,42	8	24243103,02	466405,69	5	158,67
IG - 4 x T x A	18	94,64	24	32378653,06 *	450628,06	15	680,80 **
Regressão linear x T x A	6	52,25	8	35234320,74	532910,15	5	120,32
Regressão quadrática x T x A	6	77,72	8	15686645,50	372921,26	5	885,35 **
Regressão cubica x T x A	6	153,96	8	46214992,94 **	446052,76	5	1036,74 **
(IG - 3 vs IG - 4) x T x A	6	567,12 **	8	34813537,59	6486319,20 **	5	3349,71 **
Resíduo (c)	441	114,88	567	18054387,59	338866,31	378	288,45
Total	1119	338,00	1439	36373735,94	5874737,51	959	2612,90
CV (%) a		11,26		7,64	14,39		13,23
Média		105,35		58369,14	5431,87		140,32

Tabela 10 - Valores de estatísticas e distribuição dos dados para peso de espigas por planta (g/planta) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG - 3.

Peso de Espigas/Planta (g)				
Estatística	1 IG - 3 100	2 IG - 3 75	3 IG - 3 50	4 IG - 3 25
Linhagens				
Nº Observações	600	600	600	600
Média	95,64	93,26	100,27	103,17
Desvio Padrão (σ)	44,12	42,73	52,90	48,34
Variância (σ^2)	1946,79	1826,62	2799,29	2337,60
Assimetria	1,06	0,50	0,98	0,38
Curtose	2,21	0,25	1,60	0,31
W: Normal	0,938 **	0,964 **	0,936 **	0,971 **
Amplitude	300	230	320	290
Valor Menor	10	10	10	10
Valor Maior	310	240	330	300
	$F_{1 \times 2} = 1,065$ $F_{1 \times 3} = 1,437$ ** $F_{1 \times 4} = 1,200$	$F_{2 \times 3} = 1,532$ ** $F_{2 \times 4} = 1,279$ *	$F_{3 \times 4} = 1,197$	
Topcrosses				
Nº Observações	600	600	600	600
Média	174,85	174,48	176,98	183,96
Desvio Padrão (σ)	58,04	66,90	67,63	63,04
Variância (σ^2)	3369,22	4475,69	4575,02	3974,39
Assimetria	0,40	0,67	0,59	0,58
Curtose	0,47	0,83	1,06	0,49
W: Normal	0,976 **	0,958 **	0,971 **	0,965 **
Amplitude	365	400	465	385
Valor Menor	25	25	25	15
Valor Maior	390	425	490	400
	$F_{1 \times 2} = 1,328$ ** $F_{1 \times 3} = 1,357$ ** $F_{1 \times 4} = 1,179$	$F_{2 \times 3} = 1,022$ $F_{2 \times 4} = 1,126$	$F_{3 \times 4} = 1,151$	

OBS: * valores significativos ($P \leq 0,05$)

** valores significativos ($P \leq 0,01$)

Tabela 11 - Valores de estatísticas e distribuição dos dados para peso de espigas por planta (g/planta) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG - 4.

Peso de Espigas/Planta (g)				
Estatística	1 IG - 4 100	2 IG - 4 75	3 IG - 4 50	4 IG - 4 25
Linhagens				
Nº Observações	600	600	600	600
Média	88,15	103,1	100,0	99,39
Desvio Padrão (σ)	39,59	41,10	47,85	41,44
Variância (σ^2)	1567,42	1689,62	2289,72	1717,95
Assimetria	0,96	0,62	1,44	0,86
Curtose	1,99	0,60	3,12	1,17
W: Normal	0,948 **	0,962 **	0,896 **	0,950 **
Amplitude	280	240	320	285
Valor Menor	10	15	15	10
Valor Maior	290	255	335	295
	$F_{1 \times 2}=1,077$ $F_{1 \times 3}=1,460^{**}$ $F_{1 \times 4}=1,096$	$F_{2 \times 3}=1,355^{**}$ $F_{2 \times 4}=1,016$	$F_{3 \times 4}=1,332^{**}$	
Topcrosses				
Nº Observações	600	600	600	600
Média	187,42	190,91	188,37	185,14
Desvio Padrão (σ)	61,21	66,87	64,23	66,89
Variância (σ^2)	3747,24	4471,77	4125,86	4474,64
Assimetria	0,24	0,40	0,81	0,68
Curtose	0,53	0,38	2,90	1,58
W: Normal	0,976 **	0,972 **	0,956 **	0,964 **
Amplitude	370	385	505	475
Valor Menor	20	20	30	35
Valor Maior	390	405	535	510
	$F_{1 \times 2}=1,193$ $F_{1 \times 3}=1,101$ $F_{1 \times 4}=1,194$	$F_{2 \times 3}=1,083$ $F_{2 \times 4}=1,000$	$F_{3 \times 4}=1,084$	

OBS: * valores significativos ($P \leq 0,05$)

** valores significativos ($P \leq 0,01$)

Tabela 12 - Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da planta (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG - 3.

Altura da Planta (cm)				
Estatística	1 IG - 3 100	2 IG - 3 75	3 IG - 3 50	4 IG - 3 25
Linhagens				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	187,76	191,94	192,45	201,73
Desvio Padrão (σ)	25,87	25,80	23,75	23,73
Variância (σ^2)	669,64	665,86	564,17	563,26
Assimetria	0,12	-0,008	-0,03	-0,36
Curtose	-0,31	-0,10	0,10	-0,15
W: Normal	0,978 **	0,986 **	0,984 **	0,968 **
Amplitude	150	175	160	130
Valor Menor	110	110	120	130
Valor Maior	260	285	280	260
	$F_{1 \times 2}=1,005$ $F_{1 \times 3}=1,186$ $F_{1 \times 4}=1,188$	$F_{2 \times 3}=1,016$ $F_{2 \times 4}=1,182$	$F_{3 \times 4}=1,001$	
Topcrosses				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	224,80	228,20	228,57	232,26
Desvio Padrão (σ)	21,23	20,89	21,16	18,82
Variância (σ^2)	450,73	436,73	447,84	354,37
Assimetria	0,24	-0,20	-0,02	0,03
Curtose	-0,20	0,37	0,006	0,11
W: Normal	0,973 **	0,979 **	0,980 **	0,977 **
Amplitude	120	135	125	110
Valor Menor	170	150	165	175
Valor Maior	290	285	290	285
	$F_{1 \times 2}=1,032$ $F_{1 \times 3}=1,006$ $F_{1 \times 4}=1,271 *$	$F_{2 \times 3}=1,025$ $F_{2 \times 4}=1,232$	$F_{3 \times 4}=1,263 *$	

OBS: * valores significativos ($P \leq 0,05$)

** valores significativos ($P \leq 0,01$)

Tabela 13 - Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da planta (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG - 4.

Altura da Planta (cm)				
Estatística	1 IG - 4 100	2 IG - 4 75	3 IG - 4 50	4 IG - 4 25
Linhagens				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	181,00	187,00	185,81	189,71
Desvio Padrão (σ)	25,50	23,02	23,54	22,43
Variância (σ^2)	650,33	530,23	554,41	503,14
Assimetria	0,16	0,10	-0,01	0,20
Curtose	-0,17	-0,26	-0,31	0,37
W: Normal	0,977 **	0,976 **	0,977 **	0,979 **
Amplitude	145	125	130	145
Valor Menor	110	130	120	130
Valor Maior	255	255	250	275
	F _{1x2} =1,226 F _{1x3} =1,173 F _{1x4} =1,292 *	F _{2x3} =1,045 F _{2x4} =1,053	F _{3x4} =1,101	
Topcrosses				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	227,78	231,83	230,64	233,98
Desvio Padrão (σ)	18,85	20,24	19,99	20,59
Variância (σ^2)	355,58	409,83	399,85	424,34
Assimetria	-0,35	-0,28	-0,26	-0,64
Curtose	-0,08	0,28	0,45	0,42
W: Normal	0,970 **	0,977 **	0,980 **	0,954 **
Amplitude	110	125	135	120
Valor Menor	170	160	150	165
Valor Maior	280	285	285	285
	F _{1x2} =1,152 F _{1x3} =1,124 F _{1x4} =1,193	F _{2x3} =1,024 F _{2x4} =1,035	F _{3x4} =1,061	

OBS: * valores significativos ($P \leq 0,05$)

** valores significativos ($P \leq 0,01$)

Tabela 14 - Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da espiga (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG - 3.

Altura da Espiga (cm)				
Estatística	1 IG - 3 100	2 IG - 3 75	3 IG - 3 50	4 IG - 3 25
Linhagens				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	102,50	103,34	102,14	105,32
Desvio Padrão (σ)	15,25	15,28	14,24	14,29
Variância (σ^2)	232,61	233,72	203,02	204,31
Assimetria	0,18	0,25	0,21	0,04
Curtose	0,18	0,46	0,12	0,02
W: Normal	0,979 **	0,979 **	0,972 **	0,977 **
Amplitude	105	110	90	95
Valor Menor	50	50	60	55
Valor Maior	155	160	150	150
	$F_{1 \times 2}=1,004$ $F_{1 \times 3}=1,145$ $F_{1 \times 4}=1,138$	$F_{2 \times 3}=1,151$ $F_{2 \times 4}=1,143$	$F_{3 \times 4}=1,006$	
Topcrosses				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	124,56	124,67	126,39	125,64
Desvio Padrão (σ)	15,27	15,41	16,53	14,19
Variância (σ^2)	233,47	237,68	273,35	201,39
Assimetria	0,57	0,32	0,56	0,48
Curtose	0,29	0,33	0,47	0,27
W: Normal	0,951 **	0,975 **	0,957 **	0,962 **
Amplitude	90	105	98	90
Valor Menor	85	80	85	90
Valor Maior	175	185	183	180
	$F_{1 \times 2}=1,018$ $F_{1 \times 3}=1,170$ $F_{1 \times 4}=1,159$	$F_{2 \times 3}=1,150$ $F_{2 \times 4}=1,180$	$F_{3 \times 4}=1,357 **$	

OBS: * valores significativos ($P \leq 0,05$)

** valores significativos ($P \leq 0,01$)

Tabela 15 - Valores de estatísticas e distribuição dos dados para altura da espiga (cm) de linhagens e topcrosses nas populações do grupo IG - 4.

Altura da Espigas (cm)				
Estatística	1 IG - 4 100	2 IG - 4 75	3 IG - 4 50	4 IG - 4 25
Linhagens				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	96,70	101,15	100,8	101,37
Desvio Padrão (σ)	14,27	13,39	13,44	13,00
Variância (σ^2)	203,72	179,48	180,81	169,23
Assimetria	0,43	0,46	-0,06	0,02
Curtose	3,47	0,75	0,67	1,38
W: Normal	0,978 **	0,967 **	0,978 **	0,978 **
Amplitude	155	92	100	115
Valor Menor	40	60	45	40
Valor Maior	195	152	145	155
	$F_{1 \times 2}=1,135$ $F_{1 \times 3}=1,126$ $F_{1 \times 4}=1,203$	$F_{2 \times 3}=1,007$ $F_{2 \times 4}=1,060$	$F_{3 \times 4}=1,068$	
Topcrosses				
Nº Observações	640	640	640	640
Média	121,25	125,05	124,50	126,46
Desvio Padrão (σ)	13,69	15,14	14,52	14,30
Variância (σ^2)	187,61	229,47	210,96	204,66
Assimetria	0,26	0,42	-0,07	-0,02
Curtose	0,48	0,49	-0,03	0,25
W: Normal	0,975 **	0,968 **	0,970 **	0,974 **
Amplitude	98	100	80	90
Valor Menor	80	85	85	80
Valor Maior	178	185	165	170
	$F_{1 \times 2}=1,223$ $F_{1 \times 3}=1,124$ $F_{1 \times 4}=1,090$	$F_{2 \times 3}=1,087$ $F_{2 \times 4}=1,121$	$F_{3 \times 4}=1,030$	

OBS: * valores significativos ($P \leq 0,05$)

** valores significativos ($P \leq 0,01$)

Tabela 16 - Valores médios de altura da planta (cm) (AP), altura da espiga (cm) (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), para as populações e os híbridos (dialélico parcial).

Cultivar	AP (cm)	AE (cm)	AE/AP
1. IG - 3 100	224,28 bcde	123,40 abcde	0,550 ab
2. IG - 3 75	225,20 abcde	124,80 abcde	0,554 ab
3. IG - 3 50	226,44 abcd	123,80 abcde	0,547 b
4. IG - 3 25	223,58 cde	121,49 bcde	0,544 b
5. IG - 4 100	218,00 ef	119,74 ef	0,550 ab
6. IG - 4 75	219,43 de	121,04 cde	0,552 ab
7. IG - 4 50	219,18 de	120,67 de	0,551 ab
8. IG - 4 25	210,69 f	114,82 f	0,545 b
9. H 1x5	230,27 abc	127,04 ab	0,552 ab
10. H 1x6	228,25 abc	128,65 a	0,563 a
11. H 1x7	227,22 abc	128,23 a	0,564 a
12. H 1x8	225,59 abcd	126,14 abcd	0,559 ab
13. H 2x5	228,13 abc	126,83 ab	0,556 ab
14. H 2x6	227,11 abc	126,83 ab	0,558 ab
15. H 2x7	227,56 abc	125,90 abcd	0,553 ab
16. H 2x8	230,64 abc	128,28 a	0,556 ab
17. H 3x5	230,07 abc	127,80 a	0,554 ab
18. H 3x6	230,08 abc	127,49 a	0,555 ab
19. H 3x7	229,53 abc	126,04 abcd	0,549 ab
20. H 3x8	231,29 ab	125,77 abcd	0,544 b
21. H 4x5	231,52 ab	126,72 ab	0,547 b
22. H 4x6	228,99 abc	126,45 abc	0,552 ab
23. H 4x7	232,47 a	128,89 a	0,554 ab
24. H 4x8	232,44 a	128,13 a	0,551 ab
Média	226,58	125,21	0,552

OBS: as médias com letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 17 - Valores médios de prolificidade (PROL), população (POPUL) (Plantas/ha) e peso de grãos (PGRÃO) (kg/ha e U = 15,5%), para as populações e os híbridos (dialélico parcial).

Cultivar	AC (%)	PROL	POPUL (Planta/ha)	PGRÃO (kg/ha)
1. IG - 3 100	13,4 a	101,3 efg	59111,1 a	6297,5 b
2. IG - 3 75	15,3 a	101,1 efg	59041,7 a	6212,1 b
3. IG - 3 50	17,2 a	100,1 fg	58607,6 ab	6074,2 b
4. IG - 3 25	21,1 a	95,2 g	56451,4 b	4804,1 c
5. IG - 4 100	12,3 a	102,8 defg	59083,3 a	6340,8 b
6. IG - 4 75	11,6 a	106,9 cdef	59569,4 a	6444,0 b
7. IG - 4 50	11,5 a	118,8 ab	59083,3 a	6614,2 b
8. IG - 4 25	11,8 a	121,6 a	59132,5 a	5136,6 c
9. H 1x5	12,4 a	104,1 def	59583,3 a	7905,6 a
10. H 1x6	12,5 a	106,3 cdef	60253,5 a	7708,1 a
11. H 1x7	11,8 a	109,4 cde	59899,3 a	7856,9 a
12. H 1x8	10,4 a	110,2 bcd	60579,9 a	7781,6 a
13. H 2x5	12,4 a	103,3 defg	60614,6 a	7815,7 a
14. H 2x6	12,1 a	104,9 def	60159,7 a	7736,1 a
15. H 2x7	10,5 a	109,2 cde	60128,5 a	7868,7 a
16. H 2x8	12,4 a	110,2 bcd	60322,9 a	7813,6 a
17. H 3x5	10,4 a	102,9 defg	60267,4 a	7887,1 a
18. H 3x6	14,2 a	102,9 defg	60402,8 a	7872,6 a
19. H 3x7	12,1 a	107,7 cdef	59250,0 a	7794,2 a
20. H 3x8	13,1 a	108,6 cdef	59947,9 a	7770,8 a
21. H 4x5	16,7 a	101,9 defg	60878,5 a	7755,7 a
22. H 4x6	12,4 a	104,8 def	60024,3 a	7899,0 a
23. H 4x7	12,8 a	106,0 cdef	60371,5 a	7847,5 a
24. H 4x8	12,9 a	114,4 abc	59694,4 a	7999,6 a
Média	13,1	106,50	59693,28	7218,18

OBS: as médias com letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 18 - Valores para capacidade de combinação das populações (CGC) e dos híbridos (CEC) para as características altura da planta (AP), altura da espiga (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), acamamento (AC), prolificidade (PROL) e peso de grãos (PGRÃO).

Nº Cultivar	AP (cm)	AE (cm)	AE/AP	AC (%)	PROL	PGRÃO (kg/ha)
1. IG - 3 100	-1,66	0,33	0,0054	-0,685	0,81	-22,05
2. IG - 3 75	-1,08	-0,30	0,0014	-0,603	0,25	-21,98
3. IG - 3 50	0,80	-0,37	-0,0036	-0,007	-1,15	-0,28
4. IG - 3 25	1,94	0,33	-0,0032	1,282	0,09	44,32
5. IG - 4 100	0,48	-0,12	-0,0021	0,539	-3,65	13,15
6. IG - 4 75	-0,87	0,23	0,0021	0,364	-1,93	-32,93
7. IG - 4 50	-0,23	0,01	0,0007	-0,653	1,41	11,93
8. IG - 4 25	0,62	-0,12	-0,0007	-0,250	4,17	7,84
9. H 1x5	1,80	-0,44	-0,0057	0,125	0,26	86,36
10. H 1x6	1,30	0,91	0,0014	0,342	0,68	-78,65
11. H 1x7	-0,33	0,55	0,0029	0,703	0,50	37,10
12. H 1x8	-2,76	-1,01	0,0014	-1,171	-1,45	-44,81
13. H 2x5	-0,62	-0,08	0,0025	0,042	-0,02	5,56
14. H 2x6	-0,41	-0,30	-0,0018	-0,096	0,10	-46,83
15. H 2x7	-0,62	-1,08	-0,0032	-0,735	0,87	48,88
16. H 2x8	1,66	1,48	0,0025	0,789	-0,95	-7,61
17. H 3x5	-0,80	1,12	0,0061	-2,625	1,00	43,36
18. H 3x6	0,69	0,62	0,0018	1,435	-0,71	69,43
19. H 3x7	-0,37	-0,73	-0,0025	0,253	0,76	-57,60
20. H 3x8	0,48	-1,01	-0,0054	0,935	-1,05	-55,20
21. H 4x5	-0,37	-0,58	-0,0029	2,457	-1,25	-135,30
22. H 4x6	-1,58	-1,23	-0,0014	-1,682	-0,06	56,05
23. H 4x7	1,33	1,26	0,0029	-0,221	-2,15	-28,39
24. H 4x8	0,62	0,55	0,0014	-0,553	3,46	107,63

Tabela 19 - Resumo da análise de variância conjunta (QM e Teste F) para altura da planta (AP), altura da espiga (AE), posição relativa da espiga (AE/AP), acamamento (AC), para o experimento com as populações e híbridos (dialélico parcial).

Fonte Variação	GL	AP (cm)	AE (cm)	AE/AP	AC (%)
Repetições (Ambiente)	63	526,97 **	249,88 **	0,00409 **	4,28 **
Ambientes	6	37567,19 **	8932,58 **	0,06017 **	664,88 **
Cultivares	23	1949,98 **	834,47 **	0,00206 **	4,08
Grupos	1	27595,96 **	13347,16 **	0,01037 **	21,59 **
Populações	7	1855,99 **	677,34 **	0,00087 *	5,94 **
Pop. IG - 3	3	106,54	134,81	0,00148 *	3,38 *
Regressão linear	1	2,52	158,79	0,00266 **	7,86 **
Regressão quadrática	1	248,91	241,42 *	0,00090	0,47
Regressão cubica	1	68,20	4,23	0,00089	1,80
Pop. IG - 4	3	1198,65 **	581,35 **	0,00052	0,40
Regressão linear	1	1719,39 **	800,30 **	0,00064	0,67
Regressão quadrática	1	1725,08 **	892,85 **	0,00094	0,10
Regressão cubica	1	151,47	50,92	0,000002	0,45
Pop. IG - 3 vs Pop. IG - 4	1	9076,37 **	2592,90 **	0,00005	30,26 **
Híbridos	15	284,11 **	73,62	0,00207 **	2,05 *
Hib. IG - 3 (CGC)	3	752,41 **	42,78	0,00531 **	1,38
Regressão linear	1	2170,34 **	0,11	0,01367 **	3,28
Regressão quadrática	1	23,94	123,39	0,00142	0,87
Regressão cubica	1	62,95	4,84	0,00083	0,001
Hib. IG - 4 (CGC)	3	127,67	4,97	0,00141 *	1,79
Regressão linear	1	4,44	0,26	0,00002	2,60
Regressão quadrática	1	334,68	13,67	0,00371 **	0,33
Regressão cubica	1	43,88	0,99	0,00050	2,44
Hib. IG - 3 x Hib. IG - 4 (CEC)	9	180,17 *	106,78 *	0,00121 **	2,36 *
Cultivares x Ambientes (A)	138	135,61 **	80,68 **	0,00063 **	2,57 **
Grupos x A	6	310,33 **	238,31 **	0,00351 **	3,22 **
Populações x A	42	180,70 **	73,81	0,00050	5,01 **
Pop. IG - 3 x A	18	112,07	52,39	0,00030	5,89 **
Regressão linear x A	6	259,03 *	79,35	0,00039	15,21 **
Regressão quadrática x A	6	26,23	41,97	0,00038	0,48
Regressão cubica x A	6	50,96	35,85	0,00014	1,99
Pop. IG - 4 x A	18	92,36	63,95	0,00049	0,59
Regressão linear x A	6	179,08	116,03 *	0,00067	1,23
Regressão quadrática x A	6	59,45	38,26	0,00025	0,40
Regressão cubica x A	6	38,55	37,55	0,00055	0,14
(Pop. IG - 3 vs Pop. IG - 4) x A	6	651,57 **	167,68 **	0,00109 *	15,61 **
Híbridos x A	90	102,92	73,38 *	0,00050 *	1,39 *
Hib. IG - 3 (CGC) x A	18	184,09 **	96,02 *	0,00065 *	3,49 **
Regressão linear x A	6	261,86 **	116,09 *	0,00120	8,89
Regressão quadrática x A	6	157,73	77,14	0,00024	0,61
Regressão cubica x A	6	132,68	94,82	0,00053	0,96
Hib. IG - 4 (CGC) x A	18	100,52	80,99	0,00056	0,57
Regressão linear x A	6	194,74	202,46 **	0,00087 *	0,56
Regressão quadrática x A	6	27,79	15,29	0,00017	0,68
Regressão cubica x A	6	79,03	25,23	0,00063	0,48
(Hib. IG - 3 x Hib. IG - 4) x A (CEC)	54	76,66	63,29	0,00043	0,96
Resíduo	1449	92,66	53,19	0,00039	1,09
Total	1679	271,85	105,26	0,00079	3,74
CV (%)		4,24	5,82	3,60	32,44
Média		226,58	125,21	0,552	13,1

Tabela 20 - Resumo da análise de variância conjunta (QM e Teste F), prolificidade (PROL), população de plantas (POPUL) e peso de grãos (PGRÃO) para o experimento com as populações e híbridos (dialélico parcial).

Fonte Variação	GL	PROL	GL	POPUL (plantas/ha)	PGRÃO (kg/ha)
Repetições (Ambiente)	63	185,56 **	81	24420854,29 **	1017321,73 **
Ambientes	6	22694,82 **	8	1997603872,79 **	395636045,08 **
Cultivares	23	2431,77 **	23	75253874,79 **	82863326,15 **
Grupos	1	178,80	1	895793208,36 **	1627939141,15 **
Populações	7	6158,63 **	7	86412741,04 **	38627682,17 **
Pop. IG - 3	3	571,91 **	3	141598216,86 **	44265666,29 **
Regressão linear	1	1297,34 **	1	318518283,42 **	95976465,78 **
Regressão quadrática	1	379,79	1	97982042,10 *	31575084,59 **
Regressão cubica	1	38,59	1	8294325,08	5245448,50 **
Pop. IG - 4	3	5782,00 **	3	4827473,95	40926593,86 **
Regressão linear	1	16327,02 **	1	182508,68	53324032,36 **
Regressão quadrática	1	30,74	1	1485460,06	56222850,72 **
Regressão cubica	1	988,23 **	1	12814453,12	13232898,50 **
Pop. IG - 3 vs Pop. IG - 4	1	24048,71 **	1	165612114,80 **	14816994,69 **
Híbridos	15	842,76 **	15	15343781,64	501572,34
Hib. IG - 3 (CGC)	3	190,86	3	8578265,15	336143,16
Regressão linear	1	174,85	1	405938,04	793511,23
Regressão quadrática	1	243,27	1	205145,94	214355,20
Regressão cubica	1	154,47	1	25123711,48	563,05
Hib. IG - 4 (CGC)	3	3417,24 **	3	11382084,59	126395,58
Regressão linear	1	10091,30 **	1	14473320,85	27539,82
Regressão quadrática	1	82,44	1	11014065,21	120961,85
Regressão cubica	1	77,99	1	8658867,73	230685,07
Hib. IG - 3 x Hib. IG - 4 (CEC)	9	201,90 *	9	18919519,49	681774,33
Cultivares x Ambientes (A)	138	192,96 **	184	20812328,78 **	1183630,55 **
Grupos x A	6	1072,01 **	8	57232163,04 **	2625308,41 **
Populações x A	42	273,62 **	56	33904515,82	1888289,46 **
Pop. IG - 3 x A	18	188,66 *	24	42596548,57 **	1216907,54 **
Regressão linear x A	6	146,34	8	84786960,17 **	1302986,85 *
Regressão quadrática x A	6	91,21	8	26565416,12	667794,20
Regressão cubica x A	6	328,44 **	8	16437269,42	1679941,58 **
Pop. IG - 4 x A	18	306,34 **	24	20713229,70	1238739,39 **
Regressão linear x A	6	568,56 **	8	7435072,15	2251150,44 **
Regressão quadrática x A	6	221,68 *	8	24535386,82	862777,48
Regressão cubica x A	6	128,78	8	30358032,22	590842,19
Pop. (IG - 3 vs Pop. IG - 4) x A	6	430,36 **	8	47402275,93 **	5851085,42 **
Híbridos x A	90	96,72	120	12262065,74	759441,07 *
Hib. IG - 3 (CGC) x A	18	73,68	24	14201383,23	1086673,09 **
Regressão linear x A	6	141,49	8	17635033,50	1516101,17 **
Regressão quadrática x A	6	49,34	8	13815833,19	936638,08
Regressão cubica x A	6	30,21	8	11153283,01	807280,03
Hib. IG - 4 (CGC) x A	18	87,19	24	13208612,51	741636,73
Regressão linear x A	6	122,49	8	8284508,59	906478,53
Regressão quadrática x A	6	63,72	8	6455501,98	525634,27
Regressão cubica x A	6	75,35	8	24885826,95	792797,40
(Hib. IG - 3 x Hib. IG - 4) x A (CEC)	54	107,57	72	11300110,99	656298,51
Resíduo	1449	101,14	1863	15632043,34	572214,23
Total	1679	224,52	2159	24382456,94	2981552,13
CV (%)		9,44		6,62	10,47
Média		106,50		59693,28	7218,18

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381p.
- ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, v.4, p.503-508, Sep./Oct. 1964.
- ALVES, M.C. **SAS - Estatística básica**. 2.ed. Piracicaba: CIAGRI, 1994. 53p. (Série Didática CIAGRI, 16).
- ARIAS, C.A. Componentes de variância e covariância genética relacionados à seleção recorrente intra e interpopulacional no milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1995. 139p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BAILEY, T.B. Selection limits in self-fertilizing populations following the cross of homozygous lines. In: POLLAK, E.; KEMPTHORNE, O.; BAILEY, T.B. (Ed.) **Proceeding International Conference Quantitative Genetics**. Ames, 1976. Ames: Iowa State University Press, 1977. p.399-412.
- BAUMAN, L.F. Improvement of established maize inbreds. **Maydica**, v.22, p.213-222, 1977.

BAUMAN, L.F. Review of methods used by breeders to develop superior corn inbreds. **Proceeding Annual Corn Sorghum Industry Research Conference**, v. 36, p.199-208, 1981.

BEAL, W.J. Indian Corn Rep. **Michigan Board Agriculture**, v.19, p.279-289, 1880.

BITRAGO, I.C. Comparação de três processos seletivos para a identificação de linhagens S_1 superiores em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1996. 137p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

BURTON, J.W.; PENNY, L.H.; HALLAUER, A.R.; EBERHART, S.A. Evaluation of synthetic populations developed from a maize variety (BSK) by two methods of recurrent selection. **Crop Science**, v.11, p.361-365, May/June 1971.

CEPEDA, G.M.C. Efeitos gênicos e oscilação genética associados à seleção recorrente intrapopulacional na população de milho (*Zea mays* L.) SA-3. Piracicaba, 1998. 147p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

COCKERHAM, C.C. Implications of genetic variances in a hybrid breeding program. **Crop Science**, v.1, p.47-52, 1961.

COCKERHAM, C.C.; MATZINGER, D.E. Selection response based on selfed progenies. **Crop Science**, v.25, p.483-488, May/June 1985.

COMSTOCK, R.E. Selection procedures in corn improvement; **Proceeding of the 19th Annual Hybrid Corn Industry Conference**, v.19, p.87-94, 1964.

COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, R.E.; HARVEY, P.H. A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. **Agronomy Journal**, v.41, p.360-367, 1949.

COORS, J.G. Response to four cycles of combined half-sib and S1 family selection in maize. **Crop Science**, v.28, p.891-896, Nov./Dec. 1988.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed., Viçosa: Editora UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425-438, 1989.

DIAS, C.T. dos S. Estatística básica através do SAS para Windows. Piracicaba: DME-ESALQ/USP, 1997. 133p.

DUVICK, D.N. Genetic rates of gain in hybrid maize yields during the past 40 years. **Maydica**, v.22, p.187-196, 1977.

EAST, E.M. Inbreeding in corn. **Annual Report Corn Agricultural Experimental Station for 1907**, p.419-428, 1908.

EAST, E.M. The distinction between development and heredity in inbreeding. **American Naturalist**, v.43, p.173-181, 1909.

EBERHART, S.A.; GARDNER, C.O. A general model for genetic effects. **Biometrics**, v.22, p.864-881, 1966.

EBERHART, S.A.; DEBELA, S.; HALLAUER, A.R. Reciprocal recurrent selection in the BSSS and BSCB1 maize populations and half-sib selection in BSSS. **Crop Science**, v.13, p.451-456, July/Ago. 1973.

ESTEVEES, A. Interação de genótipos por localidades em cruzamentos intervartetais de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1978. 70p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

ESTEVEES, A.; PEREIRA, E.B.C.; RUSCHEL, R. Avaliação de características agronômicas em cultivares de milho (*Zea mays* L.) introduzidas, no plantio de safrinha. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20., Goiânia, 1994. **Centro-Oeste: cinturão de milho e sorgo no Brasil**; resumos. Goiânia: ABMS/EMGOPA/EMBRAPA, CNPMS/UFG/EMATER-GO, 1994. p.36.

ESTEVEES, A.; RUSCHEL, R. Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) introduzidas em Goiânia. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20. Goiânia, 1994. **Centro-Oeste: cinturão de milho e sorgo no Brasil**; resumos. Goiânia: ABMS/EMGOPA/EMBRAPA, CNPMS/UFG/EMATER-GO, 1994. p.40.

FEHR, W.R. **Principles of cultivar development**: theory and technique. New York: Mac Millan Publishing Company, 1987. v.1, 536p.

FERREIRA, D.F. Mapgen, 1997.

- GARDNER, C.O. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for a diallel cross analysis. **Fitotecnia Latinoamericana**, v.4, p.1-12, 1967.
- GARDNER, C.O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v.22, n.3, p.439-452, 1966.
- GENTER, C.F.; ALEXANDER, M.W. Comparative performance of S_1 progenies and test-crosses of corn. **Crop Science**, v.2, p.516-519, Nov./Dec. 1962.
- GERALDI, I.O.; VENCOVSKY, R. Depressão por endogamia em populações de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 13. 1980; resumos. p.45.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.
- GOULAS, C.H.K.; LONNQUIST, J.H. Combined half-sib and S_1 family selection in a maize composite populations. **Crop Science**, v.16, p.461-464, July/Ago. 1976.
- GRIFFING, J.B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v.9, p.463-493, 1956.
- HALLAUER, A.R. Development of single-cross hybrids from two-eared maize populations. **Crop Science**, v.7, p.192-195, 1967.

HALLAUER, A.R. Methods used in developing maize inbreds. **Maydica**, v.35, p.1-16, 1990.

HALLAUER, A.R.; EBERHART, S.A. Reciprocal full-sib selection. **Crop Science**, v.10, p.315-316, 1970.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in mayze breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468p.

HALLAUER, A.R.; RUSSELL, W.A.; LAMKEY, K.R. Corn breeding. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Ed.) **Corn and corn improvement**. 3 ed. Madison: American Society Agronomy/Crop Science Society America/Soil Science Society of America, 1988. cap. 8, p.468-564.

HAYMAN, B.I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, v.39, p.789-809, 1954.

HORNER, E.S.; CHAPMAN, W.H.; LUTRICK, M.C.; LUNDY, H.W. Comparison of selection based on yield of topcrosses progenies and of S_2 in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.9, p.539-543, Sep./Oct. 1969.

HORNER, E.S.; MAGLOIRE, E.; MORERA, J.A. Comparison of selection for S_2 vs. "testcross" performance for population improvement in maize. **Crop Science**, v.29, p.868-874, July/Ago. 1989.

HULL, F.H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. **Journal American Society Agronomy**, v.37, p.134-145, 1945.

- JENKINS, M.T. Maize breeding during the development and early years of hybrid maize. In: WALDEN, D.B. (ed.). **Maize breeding and genetics**. New York: John Wiley and Sons, 1978. p.13-28.
- JOHNSON, E.C.; FISCHER, K.S.; EDMEADES, G.O.; PALMER, A.F.E. Recurrent selection for reduced plant height in lowland tropical maize. **Crop Science**, v.26, p.253-260, Mar./Abr. 1986.
- JOHNSON, I.J.; HAYES, A.K. The value in hybrid in combinations of inbred lines of corn selected from single crosses by the pedigree method of breeding. **Agronomy Journal**, v.32, p.479-485, 1940.
- JONES, D.F. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. **Connecticut Agricultural Experimental Station Bulletin**, v.207, p.5-110, 1918.
- JONES, D.F. The productiveness of single and double first generation corn hybrids. **Agronomy Journal**, v.14, p.241-252, 1922.
- KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. **Biometrics**, v.17, p.229-250, 1961.
- LIMA, M. Análise de cruzamentos intervartetais de milho (*Zea mays* L.) no esquema dialélico parcial. Piracicaba, 1982. 95p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.
- LIMA, M.; MIRANDA FILHO, J.B. de; BOLLER GALLO, P. Inbreeding depression in Brazilian population of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v.29, p.203-215, 1984.

LONNQUIST, J.H. Modifying double cross hybrid corn performance through convergent improvement. **Agronomy Journal**, v.52, p.226-228, 1960.

LONNQUIST, J.H. A modification of the ear-to-row procedure for the improvement of maize population. **Crop Science**, v.4, p.227-228, 1964.

LONNQUIST, J.H. Mass selection for prolificacy in maize. **Der Zuchter**, v.37, n.4, p.185-188, 1966.

LONNQUIST, J.H.; WILLIAMS, N.E. Development of mayze hybrids through selection among full-sib families. **Crop Science**, v.7, p.368-370, 1967.

MARTIN, J.M.; HALLAUER, A.R. Seven cycles of reciprocal recurrent selection in BSSS and BSCB1 maize populations. **Crop Science**, v.20, p.599-603, 1980.

MIRANDA FILHO, J.B. de; GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v.7, n. 4, p.677-688, 1984.

MIRANDA FILHO, J.B. de; VENCOSKY, R. Analysis of diallel crosses among open-pollinated varieties of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v.29, p.217-234, July/Sep. 1984.

MIRANDA FILHO, J.B. de; MEIRELLES, W.F. Depressão por endogamia em progênes S_1 de duas populações de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Sete Lagoas: CNPMS/EMBRAPA, 1988. p.320-327.

MIRANDA FILHO, J.B. de; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed.). **Melhoramento e Produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap. 7, p.275-340.

MOLL, R.H.; ROBINSON, H.F. Observed and expected responses in four selection experiments in maize. **Crop Science**, v.6, p.319-326, July/Ago. 1966.

NOGUEIRA, M.C.S. Estatística experimental aplicada à experimentação agrônômica. Piracicaba: DME-ESALQ/USP, 1997. 250p.

PATERNIANI, E. Selection among and within half-sib families in Brazilian population of maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.7, p.212-216, May/June 1967.

PATERNIANI, E. **Estudos recentes sobre heterose**. São Paulo: Fundação Cargill, 1974. 36p.

PATERNIANI, E. Seleção massal com controle biparental para prolificidade em milho. **Relatório Científico do Departamento de Genética**, v.14, p.69-76, 1980.

PATERNIANI, E.; VENCovsky, R. Reciprocal recurrent selection in maize (*Zea mays* L.) based on testcross of half-sib families. **Maydica**, v.22, p.141-152, 1977.

PATERNIANI, E.; VENCovsky, R. Reciprocal selection based on half sib progenies and prolific plants in maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v.23, p.209-219, 1978.

PIEADADE, S.M.S. Análise de grupos de experimentos em faixas. Piracicaba, 1987. 148p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

REZENDE, G.D.S.P. Heterose, depressão por endogamia e variabilidade genética associadas à seleção e oscilação genética nas populações de milho BR-105 e BR-106. Piracicaba, 1997. 112p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

RICHEY, F.D. The convergement improvement of selfed lines of corn. **American Naturalist**, v.61, p.430-449, 1927.

RICHEY, F.D. The experimental basis for the present status of corn breeding.

Journal American Society Agronomy, v.14, p.1-17, 1922.

ROBINSON, H.F.; COMSTOCK, R.E.; HARVEY, P.H. Genetic variances in open pollinated varieties of corn. **Genetics**, v.40, p.45-60, 1955.

RUSSELL, W.A. Comparative performance for maize hybrids representing different eras of maize breedings. **Proceeding Annual Corn Sorghum Industry Researchs Conference**, v.29, p.81-101, 1974.

RUSSELL, W.A. Agronomic performance of maize cultivars representing different eras of maize breeding. **Maydica**, v.29, p.375-390, 1984.

SAS INSTITUTE INC. **SAS user's guide: statistic**. Version, 5.ed. Cary: SAS Institue Inc., 1988. 956p.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika**, v.52, p.591-611, 1965.

SIMMONDS, N.W. **Principles of crop improvement**. New York: Longman Inc., 1979. 408p.

SHULL, G.H. The composition of a field of maize. **American Breeders's Association Report**, v.4, p.296-301, 1908.

SHULL, G.H. A pure line method a corn breeding. **American Breeders's Association Report**, v.5, p.51-59, 1909.

SHULL. G.H. Hybridization methods in corn breeding. **American Breeders's Magazine**, v.1, p.98-107, 1910.

SMITH, O.S. Evaluation of recurrent selection in BSSS, BSCB1, and BS13 maize populations. **Crop Science**, v.23, p.35-40, Jan./Feb. 1983.

SMITH, O.S. Covariance between line *per se* and "testcross" performance. **Crop Science**, v.26, p.540-543, May/June 1986.

SMITH, J.S.C. Diversity of United States hybrid maize germplasm: isozymic and chromatographic evidence. **Crop Science**, v.28, p.63-69, Jan./Feb. 1988.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**: the principle and practice of statistics in biological research. New York: W.H. Freeman and Company, 1981. 859p.

SOUZA JUNIOR, C.L. de. Análise de cruzamentos dialélicos e predição de compostos de milho (*Zea mays* L.) braquíptico. Piracicaba, 1981. 102p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

SOUZA JUNIOR, C.L. de. Variabilidade genética em milho (*Zea mays* L.) e relações com a seleção recorrente intra e interpopulacional. Piracicaba, 1983. 151p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

SOUZA JUNIOR, C.L. de. Reciprocal recurrent selection with half-sib progenies obtained alternately from non-inbred (S_0) and inbred (S_1) plants in maize. **Maydica**, v.32, p.19-31, 1987.

SOUZA JUNIOR, C.L. de. **Componentes da variância genética e suas implicações no melhoramento vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 1989. 134p.

SOUZA JUNIOR, C.L. de. Comparisons of intra-, interpopulation, and modified recurrent selection methods. **Revista Brasileira de Genética**, v.16, n.1, p.91-105, 1993.

SOUZA JUNIOR, C.L. de; MIRANDA FILHO, J.B. de. Genetic variability in two maize (*Zea mays* L.) populations and its relationship with intra and interpopulation recurrent selection. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, n.2, p.271-285, 1989.

SOUZA JUNIOR, C.L. de; SANTOS, M.X.; MAGNAVACA, R.; GAMA, E.E.

Estimativas de parâmetros genéticos na interpopulação de milho BR-105 x BR-106 e suas implicações no melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.4, p.473-479, Abril 1993.

SOUZA JUNIOR, C.L. de; ZINSKY, J.R. Relative genetic potential of brachytic maize (*Zea mays* L.) varieties as breeding populations. **Revista Brasileira de Genética**, v.8, p.523-533, 1985.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society Agronomy**, v.34, p.923-932, 1942.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 2.ed., Tokyo: McGraw-Hill Inc., 1980. 633p.

TAKEDA, C. Estimativas dos efeitos da seleção recorrente intra e interpopulacional em linhagens de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1997. 133p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitation of conventional regression analysis: proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics**, v.53, p.89-91, 1978.

VIANA, R.T.; GAMA, E.E.G.; NASPOLINI FILHO, V.; MORO, J.R.; VENCOVSKY, R. Inbreeding depression of several introduced populations of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, v.27, p.151-157, 1982.

WEBEL, O.D.; LONNQUIST, J.H. An evaluation of modified ear-to-row selection a population of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v.7, p.651-655, Nov./Dec. 1967.

WU, S. The relationship between the origin of selfed lines of corn and their value in hybrid combinations. **Agronomy Journal**, v.31, p.131-140, 1939.

ZAMBESI, B.T.; HORNER, E.S.; MARTIN, F.G. Inbred lines as testers for general combining ability in maize. **Crop Science**, v.26, p.908-910, Sep./Oct. 1986.