**ANÁLISE DE CRUZAMENTO DIALÉLICO DE POPULAÇÕES DE
MILHO (*Zea mays* L.) PARA RESISTÊNCIA À LAGARTA DO
CARTUCHO (*Spodoptera frugiperda* SMITH, 1797,
Lepidoptera: Noctuidae)**

MARIA DEL PILAR ALVAREZ

Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

**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

Junho - 2001

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

Alvarez, María del Pilar

Análise de cruzamento dialélico de populações de milho (*Zea mays* L.) para resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith, 1797, Lepidoptera: Noctuidae) / María del Pilar Alvarez. - Piracicaba, 2001.

102 p.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
Bibliografia.

1. Cruzamento dialélico 2. Genética vegetal 3. Germoplasma 4. Lagarta-do-cartucho 5. Milho 6. Parâmetro genético 7. Resistência ao inseto I. Título

CDD 633.15

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICO....

AOS MEUS PAIS, IRMÃOS, AMIGOS...

E A MEU AMADO CARLOS.

AGRADECIMENTOS

- * Ao Prof. José Branco de Miranda Filho pela sua orientação na realização desta tese e no caminho da vida.**
- * À ESALQ, ao Departamento de Genética e seus professores pelos ensinamentos recebidos.**
- * À FAPESP pelo apoio financeiro**
- * Aos funcionários do Departamento de Genética pela sua grande ajuda**
- * Aos amigos e colegas pela ajuda e amizade**

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
SUMMARY.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Distribuição e importância econômica.....	4
2.2 Bioecologia da praga.....	5
2.3 Estratégias de controle.....	6
2.4 Melhoramento genético visando resistência a <i>S. frugiperda</i>	9
2.5 Cruzamentos dialélicos.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Germoplasma.....	24
3.1.1 Populações do Grupo 1.....	24
3.1.2 Pre-seleção das populações do Grupo 1.....	26
3.1.3 Populações do Grupo 2.....	28
3.1.4 Testemunhas.....	29
3.2 Cruzamento dialélico parcial intergrupo.....	30
3.3 Avaliação experimental.....	30
3.4 Caracteres avaliados.....	31
3.4.1 Avaliação da resistência à lagarta do cartucho.....	31
3.4.1.1 Metodologia de infestação artificial.....	31
3.4.1.2 Avaliação visual dos danos.....	32
3.4.2 Avaliação de caracteres agronômicos.....	33
3.5 Análise estatística dos caracteres avaliados.....	34
3.5.1 Correlação entre caracteres medidos na testemunha intercalar.....	34

	Página
3.5.2 Análise da variância preliminar.....	34
3.5.3 Análise da variância preliminar conjunta.....	35
3.5.4 Análise complementar do esquema dialélico parcial.....	37
3.5.5 Análise conjunta do esquema dialélico parcial.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSÃO.....	43
4.2 Condições de avaliação do esquema dialélico parcial.....	44
4.3 Análise da testemunha intercalar.....	45
4.4 Análise da variância preliminar.....	47
4.4.1 Resistência à lagarta do cartucho.....	47
4.4.2 Produtividade de grãos.....	49
4.4.3 Altura de planta e altura de inserção da espiga.....	49
4.4.4 Índice de acamamento e índice de quebramento.....	50
4.5 Análise do esquema dialélico parcial inter-grupo.....	50
4.5.1 Resistência à lagarta do cartucho.....	50
4.5.1.1 Análise da variância.....	50
4.5.1.2 Estimativas de parâmetros componentes de médias.....	52
4.5.2 Produtividade de grãos.....	54
4.5.2.1 Análise da variância.....	54
4.5.2.2 Estimativas de parâmetros componentes de médias.....	56
4.5.3 Altura de planta.....	58
4.5.3.1 Análise da variância.....	58
4.5.3.2 Estimativas de parâmetros componentes de médias.....	59
4.6 Seleção de populações.....	59
4.7 Considerações finais.....	61
5 CONCLUSÕES.....	64
ANEXOS.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87

**ANÁLISE DE CRUZAMENTO DIALÉLICO DE POPULAÇÕES DE
MILHO (*Zea mays* L.) PARA RESISTÊNCIA À LAGARTA DO
CARTUCHO (*Spodoptera frugiperda* SMITH, 1797,
Lepidoptera: Noctuidae)**

Autor: MARIA DEL PILAR ALVAREZ

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

RESUMO

Os objetivos deste trabalho se concentraram na avaliação de novas fontes de germoplasma para resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*, Smith, 1797, *Lepidoptera: Noctuidae*), praga chave da cultura de milho no Brasil.

Foi utilizado um esquema dialélico parcial entre 20 populações representantes de germoplasma brasileiro e 9 populações exóticas e semi/exóticas de diferentes origens. Os 180 híbridos e as 29 variedades genitoras, junto com duas testemunhas comerciais, foram avaliados em três locais no Estado de São Paulo (Brasil). Foram considerados os caracteres resistência à lagarta do cartucho (RLC), sob infestações artificiais e naturais, produtividade de grãos (PG) e altura de planta (AP).

As populações CMS14C e MIRT, e o híbrido São José x MIRT apresentaram a maior resistência, com valores de 1,8; 1,7 e 1,4, respectivamente. As populações PMI9401 e PR91B, e o híbrido CMS14C x B97.Ituiutaba tiveram a maior produtividade, com 4893, 3858 e 5677 kg/ha, respectivamente. Os valores de heterose foram de -28% a 47% para RLC e de -21% a 125% para PG, com valores médios de -0,43% e 31%, respectivamente. O caráter RLC não apresentou interação genótipo x ambiente significativa. Foram detectados efeitos genéticos aditivos e não aditivos que indicaram a viabilidade da implementação de programas de seleção recorrente intra ou interpopulacional para este caráter. Se encontraram efeitos genéticos aditivos e não aditivos para PG, e efeitos aditivos para AP. As populações brasileiras PMI9302 e São José, e a população exótica PR91B apresentaram boa performance *per se* e em cruzamentos para resistência e produtividade. Os híbridos (PMI9401 x Cuba110.EsalqPB1) e (São José x MIRT) apresentaram altos feitos de

heterose específica para ambos caracteres. Os materiais antes mencionados resultaram muito promissores para sua incorporação em programas de melhoramento.

Palavras chave: milho (*Zea mays* L.) - lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith, 1797.) – infestação artificial - resistência genética – esquema dialélico parcial.

**ANALYSIS OF DIALLEL CROSSES OF MAIZE (*Zea mays* L.)
POPULATIONS FOR RESISTANCE TO FALL ARMYWORM
(*Spodoptera frugiperda* SMITH, 1797, Lepidoptera: Noctuidae)**

Author: MARIA DEL PILAR ALVAREZ

Adviser: : Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

SUMMARY

The main objective of this work was to evaluate new sources of resistance to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*, Smith, 1797, *Lepidoptera: Noctuidae*), the key pest for maize culture in Brazil

A partial diallel design between 20 varieties of Brazilian germplasm and 9 exotic and semi-exotic varieties of different origins was used. The 180 crosses and 29 parental varieties along with two commercial checks were evaluated in three locations placed in *São Paulo* State (Brasil). Fall armyworm resistance (FAWR), under artificial and natural infestations, grain yield (GY), and plant height (PH) were measured.

Populations CMS14C and MIRT, and hybrid São José x MIRT presented highest resistance, with values of 1,8; 1,7 e 1,4, respectively. Populations PMI9401 and PR91B, and hybrid CMS14C x B97.Ituiutaba had best yields, with 4893, 3858 and 5677 kg/ha, respectively. Heterosis range from -28% to 47% for FAWR and from -21% to 125% for GY, with mean values of -0,43% and 31%, respectively. Genotype by environment interaction was not significant for FAWR. Additive and non additive effects were found for this characters. They may be advantageous for the implementation of intra and/or inter-population recurrent selection programs. Additive and non additive effects were estimated for GY and mainly additive effects for PH. Brazilian populations PMI9302 and São José, and exotic population PR91B presented high performance *per se* and in crosses for FAWR and GY. Crosses (PMI9401xCuba110.EsalqPB1) and (São JoséxMIRT) presented high specific heterosis effects for both characters. This populations are useful to be introgressed in maize breeding programs.

Key words: maize (*Zea mays* L.) - fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* S.) – artificial infestations – genetic resistance – parcial diallel design.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) vem sendo utilizado na América Latina desde os tempos mais remotos, como a principal e a mais tradicional fonte alimentar, ocupando hoje uma posição de destaque entre os cereais cultivados no mundo, sendo precedido apenas pela cultura do trigo. Além de ser utilizado na alimentação humana, este cereal também é usado na alimentação animal, como uma importante fonte energética, e na indústria, com um grande número de derivados.

O milho é a cultura que ocupa a maior área cultivada no Brasil. Segundo dados do Depto. de Agricultura dos Estados Unidos (USDA-Foreign Agricultural Service, 1999) atinge cerca de 12,3 milhões de hectares, e uma produção de 32 milhões de toneladas de grãos no ano agrícola de 1998/1999, sendo considerada uma das mais altas produções mundiais. Em contraste com estes valores, a produtividade média brasileira é considerada uma das mais baixas do mundo com cerca de 2600 kg/ha neste mesmo período, sendo a produtividade média mundial de 4350 kg/ha.

Um dos fatores que determinam a baixa produtividade média é a baixa tecnologia empregada na cultura, sendo um dos fatores principais a falta de controle de pragas. Este fato é consequência de uma das características marcantes da cultura do milho, que é a sua estrutura de produção, baseada na sua grande maioria em pequenas propriedades com menos de 10 hectares no Norte-Nordeste, e menos de 50 hectares no Centro - Sul.

Os programas de melhoramento genético do milho realizados no Brasil foram conduzidos no sentido de incrementar a produção, aliada sempre a uma tecnologia de ponta, com um alto uso de insumos agrícolas, dando pouca ou

nenhuma ênfase a outros critérios de seleção, incluindo a resistência de plantas a insetos, com raras exceções. A partir dos anos 90, as pragas começaram a trazer problemas mais sérios para a cultura, questionando os programas de melhoramento existentes, tornando necessária a inclusão desta característica nos critérios de seleção de linhagens elites, ou a condução de programas paralelos, visando selecionar linhagens como fontes de resistência a serem incluídas na síntese dos híbridos comerciais.

Dentre as pragas que infestam a cultura do milho no Brasil, destaca-se a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith, 1797, *Lepidoptera: Noctuidae*), considerada como a praga chave, ou a de maior dano econômico. Este inseto é polífago, porém tem preferência por gramíneas. Durante a fase de crescimento vegetativo do milho, as larvas consomem principalmente as folhas, reduzindo a área fotossintética da planta e afetando indiretamente o rendimento de grãos. Quando o ataque ocorre em plantas pequenas, pode causar a destruição dos tecidos meristemáticos, resultando em uma reduzida população no campo, e uma modificação na arquitetura da planta (Buntin, 1986). Segundo dados de Carvalho (1970), esta praga pode reduzir a produção em até 20%, sendo a época próxima ao florescimento, o período crítico de seu ataque.

O controle da lagarta do cartucho tem sido feito basicamente através de inseticidas químicos, porém o hábito do inseto dificulta a aplicação e a ação dos defensivos, cujo efeito se resume em uma diminuição populacional, além de onerar o processo produtivo.

A utilização de cultivares resistentes de milho ao ataque de *Spodoptera frugiperda* tem sido apontada por vários pesquisadores como uma possibilidade de controle eficiente e viável para a cultura. O emprego de resistência genética a insetos pode auxiliar o controle desta praga, tanto por diminuir a população de insetos, como por aumentar a eficiência da aplicação de inseticidas. Os genótipos resistentes interferem na biologia e no desenvolvimento dos insetos, fazendo com que a população produza indivíduos inferiores, mais sensíveis aos inseticidas. Portanto, o uso de variedades resistentes poderia ser muito

vantajoso por diminuir e, até em alguns casos, eliminar os efeitos negativos nas pessoas e no ambiente, e não acarretar em gastos adicionais para o agricultor.

A despeito da grande variabilidade genética do milho no Brasil, pouco é conhecido em relação aos diferentes materiais genéticos no que diz respeito às suas características agronômicas e, especialmente, ao seu potencial como fonte de resistência a pragas. Tal fato incrementa sua importância devido ao surgimento ou aumento da intensidade de novos fatores de estresse na cultura do milho. Torna-se então fundamental concentrar esforços na avaliação deste germoplasma na busca de fontes de resistência que possam ser posteriormente utilizadas no desenvolvimento de materiais comerciais.

OBJETIVOS

- a) Avaliar germoplasma de milho do Brasil e germoplasma exótico e semi/exótico quanto ao potencial de resistência ao ataque da lagarta do cartucho e características agronômicas.
- b) Estimar parâmetros genéticos para resistência ao ataque da lagarta do cartucho e características agronômicas com base em cruzamentos sob esquema de dialélico parcial.
- c) Selecionar germoplasma nacional e exótico e semi-exótico com alto padrão de resistência a lagarta e características agronômicas desejáveis para sua introgressão em programas de melhoramento

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Distribuição e importância econômica

Wiseman et al. (1966) relataram que a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* Smith, 1797, *Lepidoptera: Noctuidae*) sempre foi considerada uma das pragas mais importantes da América, mas também é encontrado em algumas ilhas no oeste da Índia. No Brasil, em função da alimentação diversificada e disponível o ano todo, e das condições favoráveis do clima, a sua distribuição é geral em todas as regiões do país (Cruz, 1995).

Indiscutivelmente a lagarta do cartucho é a praga mais importante do milho no Brasil e em todo programa de manejo ou melhoramento genético deve ser considerada a praga chave. Esta praga é mais importante nas épocas secas e onde o milho é plantado de forma contínua, neste último caso podendo haver um número maior de gerações, além das duas que normalmente ocorrem na cultura (Sa & Parra, 1994). Em plantio de safrinha, em períodos de seca, a lagarta ocorre desde a germinação até a maturação, podendo bloquear a base da planta e atacar a espiga, à semelhança de outras lagartas.

S. frugiperda reduz a produtividade do milho de duas maneiras: impedindo o desenvolvimento de plantas e a conseqüente formação de espigas, e reduzindo o peso das espigas pela diminuição da área fotossintética da planta, sendo esta última causada pelas lagartas nos ínstares mais avançados, que fazem furos que se unem em lesões. Já em pesquisas pioneiras, vários autores apontaram esta característica para realçar a importância econômica desta praga na cultura do milho (Fonseca, 1934; Hambleton, 1935; Leiderman & Sauer, 1953).

No Brasil, as reduções na produtividade de grãos de milho devido ao ataque da lagarta do cartucho da ordem de 15 a 34 % têm sido relatadas. Essas perdas podem flutuar de acordo com a fase de desenvolvimento da planta, com o tipo de cultivar utilizada, local de plantio e mesmo entre áreas adjacentes, de acordo com as práticas agronômicas adotadas. No que refere à fase de desenvolvimento da planta, o estágio de oito a dez folhas é o mais sensível ao ataque desta praga (Cruz, 1995).

A planta de milho sofre injúrias com maior intensidade na fase de quatro a seis folhas sem causar redução proporcional no rendimento de grãos. A maior redução na produtividade observou-se na fase de oito a dez folhas, podendo atingir perdas de até 19 % (Cruz & Turpin, 1982). Na fase até seis folhas e a partir de doze folhas, os danos da lagarta do cartucho são inferiores a 9% da produção de grãos (Cruz & Turpin, 1982).

Carvalho (1970) utilizando uma escala visual de notas, calculou o efeito de danos foliares de *S. frugiperda* na produtividade de diversos genótipos de milho, indicando que a praga reduz a produção em 15% quando o ataque ocorre na época do desbaste (20-30 dias), 30% quando o ataque ocorre aos 49 dias após o plantio e 34% quando o ataque ocorre na época do florescimento.

2.2 Bioecologia da praga

As mariposas de *S. frugiperda* apresentam coloração cinza escura e faz a postura na página superior das folhas do milho em grupos de 50 a 300 ovos. Cada fêmea coloca, em média, de 1800 a 2100 ovos (Nalim, 1991). O período de duração das fases de ovo, de larva, de pupa e de adulto completam-se em torno de 3, 25, 11 e 12 dias, respectivamente. As larvas chegam a atingir 4,5 cm de comprimento e têm coloração de pardo escura a preta, algumas vezes esverdeada. A fase de pupa ocorre no solo dentro da câmara pupal. O número de gerações que podem ocorrer durante o ano depende da latitude do habitat.

Nas regiões onde o inseto tem condições de sobreviver o ano todo, podem-se ter seis ou mais gerações (Cruz, 1995).

As lagartas, nos primeiros instares, raspam as folhas mais tenras e à medida que crescem perfuram as folhas centrais e finalmente o cartucho podendo chegar a destruí-lo. Sua presença é facilmente percebida pelos excrementos dentro do cartucho. Dependendo da época de infestação, atacam também as espigas causando danos nas bainhas de proteção, no pedúnculo, nos estilo - estigmas e nos grãos.

Em condições de campo, um dos fatores que podem afetar os parâmetros biológicos de *S. frugiperda* é o canibalismo, que atua principalmente sobre a sobrevivência larval como regulador natural da população. O canibalismo pode se apresentar a partir do segundo estágio de desenvolvimento das lagartas, sendo comum encontrar-se apenas uma lagarta por cartucho, a menos que estejam separadas por lâminas de folhas (Cruz, 1995). Em condições de laboratório, têm-se observado percentagens de canibalismo de 26% onde houve escassez de alimento, e de 11% onde sobrou alimento (Raffa, 1987). Nalim (1991) estudou o canibalismo em frascos simulando o cartucho e determinou porcentagens de 100% no final do ciclo. Os resultados obtidos sugerem que o canibalismo pode ser uma resposta das lagartas a uma má nutrição, e tornando-se canibais poderiam conseguir um bom desenvolvimento mesmo sobre um substrato vegetal inadequado. Estes assuntos têm fundamental importância na aplicação de técnicas de infestação artificial, que serão posteriormente abordadas.

2.3 Estratégias de controle

2.3.1 Controle químico e biológico

O controle químico deve ser feito com um nível de 20% das plantas atacadas até os 30 dias da cultura e de 10% entre 40 a 60 dias (período crítico

à cultura). A eficiência do controle químico depende mais do método de aplicação, do que do inseticida. Os inseticidas líquidos devem ser aplicados nas horas de maior grau de umidade relativa, direcionados para o topo e para o centro do cartucho. Mesmo com esses cuidados, a possibilidade de atingir a praga e causar a sua morte é relativamente baixa devido à localização da lagarta dentro do cartucho que impede o contato com o inseticida, e a possibilidade de ressurgimento da praga devido à morte de inimigos naturais (Lara et al., 1991).

A utilização de produtos biológicos deve ser feita quando as lagartas são pequenas. O uso de *Baculovirus spodoptera*, quando corretamente aplicado, tem a mesma eficiência de produtos químicos. Outros agentes de controle biológico, como dípteros e himenópteros são insuficientes para manter a praga em equilíbrio (Sa & Parra, 1994; Valicente, 1989).

2.3.2 Resistência genética

O emprego da resistência genética como meio de controle é bem conhecido pelas suas vantagens econômicas e ecológicas. A cultura de variedades ou híbridos resistentes reduz ou elimina o uso de inseticidas, determinando menor custo de produção, eliminação dos riscos de saúde na aplicações químicas, ausência de poluição ambiental e maior segurança na utilização dos produtos comestíveis ou forrageiros. Além disso, o uso da resistência genética é compatível com o manejo integrado de pragas por não afetar os inimigos naturais.

O desenvolvimento de culturas resistentes aos insetos tem tido sucesso para um grande número de cereais e legumes (Sprague & Dahms, 1972). Segundo Lara (1991), o controle de pragas com a utilização de variedades resistentes desponta como tática ideal no controle de pragas, pois sua utilização reduz as populações de insetos, além de não interferir no ecossistema, pois não promove desequilíbrio ambiental. Além disso, seu efeito

é cumulativo e persistente e não exige conhecimentos específicos por parte dos agricultores. Wiseman & Widstrom (1992) afirmaram que uma das alternativas mais viáveis, em relação ao uso de inseticidas para o controle de pragas, é o uso de variedades resistentes.

No caso da lagarta do cartucho, a utilização da resistência genética como método de controle atinge uma importância especial devido à dificuldade para seu controle químico que deriva da sua localização dentro do cartucho onde se protege (Lara, 1991).

O melhoramento para resistência à lagarta do cartucho no milho tem tido um desenvolvimento muito lento até o advento de técnicas de infestação artificial que permitiram avaliações uniformes no campo. Estas técnicas, que permitiram a avaliação de um grande número de plantas, foram desenvolvidas por Ortega et al. (1980) e modificadas por Wiseman & Widstrom (1980).

Amplios estudos sobre a resistência genética do milho a *S. frugiperda* tem sido feitos nos Estados Unidos e no *Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo* (CIMMYT) (Smith, 1994). A primeira linhagem resistente derivada de um programa de melhoramento foi liberada por Scott & Davis no ano de 1974 na Universidade de Mississippi, Estados Unidos (Scott & Davis, 1981a). Também em estudos pioneiros, diversas linhagens (Widstrom et al., 1972) e populações (Wiseman et al., 1981) foram identificadas como resistentes.

No Brasil, têm sido feitos diversos estudos de avaliação da resistência em germoplasma brasileiro, alguns deles sob infestação natural (Fornasieri Filho et al., 1980; Lara et al., 1984; Marques et al., 1988) e outros sob infestação artificial (Viana & Potenza, 1991; Viana, 1994; Nishikawa, 1999). Além disso, foram desenvolvidas pesquisas de laboratório visando estudar os efeitos de genótipos resistentes e susceptíveis na biologia de *S. frugiperda* (Vendramin & Fancelli, 1988; Cruz & Alvarenga, 1990; Paterno Silveira, 1994).

2.4 Melhoramento genético visando resistência a *S. frugiperda*

2.4.1 Mecanismos e fatores de resistência

Segundo Painter (1951), existem três mecanismos principais na resistência das plantas aos insetos: antibiose, não-preferência e tolerância. A antibiose denota efeitos biológicos adversos (por ex. morte das lagartas, alongamento do ciclo de desenvolvimento, etc.) no uso da planta como alimento. A não-preferência existe quando a planta não possui substâncias ou qualidades atrativas normais para a oviposição, estabelecimento e/ou alimentação, ou possui substâncias ou qualidades repelentes. Tolerância descreve uma planta ou cultivar que produz bem sob infestações que danam e reduzem a produção de plantas suscetíveis. As causas ou fatores da resistência são as características intrínsecas das plantas, físicas, químicas ou morfológicas, responsáveis pela reação (negativa) dos insetos às plantas resistentes (Smith, 1994).

Os genótipos resistentes geralmente possuem combinações dos três mecanismos, especialmente não-preferência e antibiose (Wiseman & Davis, 1990). Com combinações de mecanismos, um cultivar que não é preferido não precisa ter o mesmo nível de antibiose que outro sem não-preferência. Desta forma diferentes cultivares podem ter o mesmo nível de resistência com diferentes mecanismos e/ou níveis de mecanismos.

Wiseman et al. (1981) descobriram a antibiose para *S. frugiperda* no estágio de cartucho da planta. Eles encontraram que lagartas alimentadas com genótipos resistentes foram significativamente menores que as alimentadas com genótipos suscetíveis e que o consumo nos primeiros foi significativamente menor. A resistência nos cabelos de milho foi demonstrada por Wiseman & Widstrom (1986) com diferenças de 4 a 360 mg no peso das lagartas, sendo as primeiras alimentadas com cabelos de Zapalote chico, que tem alto nível de antibiose pela presença de maisina (luteolin-C-glycoside).

Vendramin & Fancelli (1988) determinaram em estudos de laboratório que os principais efeitos dos genótipos resistentes se manifestaram na duração da fase larval, peso das lagartas e das pupas e a viabilidade das fases de ovo, lagarta e pupa.

Hedin et al. (1990) mostraram que o ácido hidroxâmico DIMBOA (2,4-dihidroxi-7-metoxi-(2H)-1,4-benzoxazin-3(4H)-um) e a maisina não são fatores significativos na resistência às lagartas do primeiro ínstar, pois suas concentrações são muito baixas no cartucho.

Os mecanismos de não-preferência para a lagarta do cartucho foram estudados nas folhas e nos cabelos de milho. Wiseman et al. (1983) comprovaram que os genótipos mais resistentes eram mais abandonados pelas lagartas que os suscetíveis. Yang et al. (1991, 1993) confirmaram o mesmo fenômeno e associaram a não-preferência aos lipídios da cutícula. Estes autores fizeram estudos químicos e ultra-estruturais dos lipídios da cutícula e observaram o comportamento das lagartas por vídeo - câmara. As lagartas manifestaram não-preferência por tecidos onde os lipídios não tinham sido removidos e por tecidos com maior conteúdo de lipídios na cutícula (folhas superiores, parte abacial das folhas). O peso das lagartas foi maior e o desenvolvimento mais rápido quando elas foram alimentadas com folhas de milho onde os lipídios da cutícula foram removidos.

Hedin et al. (1990) analisaram os efeitos de aminoácidos, fibras e proteínas em linhagens resistentes (linhagens Mp) desenvolvidas na Universidade de Mississippi. Os resultados mostraram que os aminoácidos, essenciais e não essenciais, foram estimulantes para a alimentação das lagartas do primeiro ínstar, à exceção do ácido aspártico (não essencial) que não estimulou a alimentação e que foi mais elevado nas linhagens resistentes do que nas suscetíveis. Este fator foi indicado como o mais importante dos estudados. A porcentagem de fibras (lignina e hemicelulose) foi 15% maior nos genótipos resistentes e a porcentagem de proteínas foi 17% maior nos suscetíveis. Os autores concluíram que o ácido aspártico seria responsável pelo

mecanismo de não-preferência, e o maior teor de fibras dificultaria a alimentação das lagartas novas nas plantas resistentes.

Wiseman & Widstrom (1986) reportaram não-preferência e antibiose nos estilo-estigmas de milho em testes de livre escolha com cabelos de genótipos resistentes e suscetíveis.

Os trabalhos de Williams et al. (1986) demonstraram a preferência para oviposição desta praga, em testes de múltipla escolha utilizando vários genótipos de milho, e concluíram que a cultivar Pioneer X304C apresentava uma menor taxa de oviposição que os outros cultivares testados. NG et al. (1990) relataram que as mariposas da lagarta do cartucho preferiram ovipositar nos híbridos "SC229 x TX601" e "Ab24E x Va35" (híbridos suscetíveis) do que nos híbridos "Mp496 x Mp701" e "Mp704 x Mp706" (híbridos resistentes). Os autores não relatam as possíveis causas da não-preferência para oviposição.

A tolerância é associada com a habilidade da planta de se recuperar e produzir satisfatoriamente embora esteja danificada pela praga. Este mecanismo foi sugerido para lagarta do cartucho nos últimos 20 anos (Wiseman & Davis, 1979; Ortega et al., 1980; Mihm, 1989). A presença de mecanismos de tolerância deve ser estabelecida comparando o rendimento dos genótipos com infestação artificial e sem nenhuma infestação com controle químico.

Wiseman & Isenhour (1991) demonstraram a presença de tolerância em híbridos comerciais. Eles reportaram que a tolerância foi maior no estágio de 12 folhas que no estágio de 8 folhas, com reduções do rendimento de 15,4% e 32,4% respectivamente. Em germoplasma brasileiro, sob avaliações em parcelas divididas infestadas e protegidas com controle químico, foi detectada tolerância nos genótipos Amarelo Sertão, CMS 21, Palha Roxa Mantena e CMS 04 (Viana & Guimarães, 1994a)

Os mecanismos e causas de resistência podem ser estudados em experimentos de laboratório, onde é possível observar os efeitos dos genótipos de milho no comportamento e biologia do inseto, sugerindo uma maior ou menor resistência. NG et al. (1985) verificaram que dietas contendo folhas de

híbridos resistentes promoviam uma maior mortalidade de lagartas e pupas. Além disso, o período pupal foi alongado e a capacidade reprodutiva diminuiu em 34 e 50%. Da mesma forma, Melo & Silva (1987) relataram que as lagartas de *S. frugiperda* criadas em genótipos resistentes apresentaram período larval, número de instares, duração das fases de pré-pupa e pupa e período pós-embrionário maiores que as criadas em materiais suscetíveis.

2.4.2 Metodologias para avaliação da resistência

Em geral, a resistência do milho às pragas de Lepidópteros pode ser avaliada em experimentos de campo ou em condições de laboratório. Para um grande número de materiais, são feitas avaliações de campo sob infestações naturais ou artificiais.

As infestações artificiais apresentam a vantagem de atingir níveis de ataque uniforme, sendo que é possível aplicar o mesmo número de lagartas por planta. Este tipo de avaliação é imprescindível quando não se tem condições de alta infestação natural, presente em todos os anos. Mas existem certos ambientes onde a população da praga é muito numerosa e as infestações naturais são suficientes cada ano para fazer avaliações com êxito. Neste caso, se apresenta a vantagem da presença de duas ou mais gerações da praga na cultura. Além disso, as condições naturais implicam levar em consideração os mecanismos de não-preferência para oviposição, que não podem ser considerados no caso das infestações artificiais.

Widstrom et al. (1992) fizeram avaliações em diferentes locais e suplementaram com infestações artificiais somente aqueles locais onde o ataque natural foi baixo, não tendo sido necessárias naqueles onde a infestação natural foi alta e uniforme. No ano de 1984, Lara et al. estudaram o comportamento de 42 variedades de milho sob infestação natural da lagarta do cartucho e lagarta da espiga. Também para estas duas pragas, Osuna et al.

(1995) utilizaram condições de infestação natural para avaliação da resistência em famílias de méio-irmãos de um composto de milho.

A metodologia de infestação artificial foi desenvolvida pelo CIMMYT (CIMMYT, 1977) e adaptada para um grande número de espécies de Lepidópteros. Esta metodologia utiliza um aparelho chamado de “bazuka” que possui um dosificador e um recipiente plástico contendo uma mistura de sabugo moído e lagartas recém eclodidas. A “bazuka”, desenvolvida para a infestação com lagartas de outras espécies, foi modificada para seu uso com *S. frugiperda* por Wiseman et al. (1980). Nesse caso, a mistura é aplicada no cartucho das plantas de milho, sendo possível aplicar um número pouco variável de lagartas por planta.

As infestações artificiais implicam o desenvolvimento de técnicas de criação artificial dos insetos. A criação artificial é feita mediante o emprego de dietas artificiais preparadas no laboratório para a alimentação das lagartas. Singh (1977) listou 5 dietas diferentes que têm sido usadas com êxito para *S. frugiperda*. Pelo fato de ser uma espécie polífaga pode ser criada em dietas diferentes e também em dietas usadas para outras espécies. No CIMMYT, as dietas para lagartas têm como ingredientes principais sementes de milho de alta qualidade proteica e grãos de soja tratados com calor.

No CNPMS (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo-EMBRAPA), Sete Lagoas (MG), a criação artificial de *S. frugiperda* é feita desde o ano 1980 com o fim de fazer infestações artificiais em experimentos de grande escala. Para a alimentação das lagartas é utilizada uma dieta modificada apartir daquela de Reese (1972), que tem como ingredientes principais grãos de feijão, levedura e germens de trigo. Depois da eclosão, as lagartas são colocadas em caixinhas individuais com dieta até a emergência dos adultos. As mariposas são alimentadas com uma solução de água e açúcar, mantidas em gaiolas onde fazem as oviposições em papel. As oviposições são incubadas a 28°C para favorecer a eclosão.

A infestação artificial com larvas de *S. frugiperda* é feita no CNPMS/EMBRAPA no estágio de 4 a 5 folhas totalmente expandidas. Cada planta a ser avaliada é infestada com 30-40 lagartas recém eclodidas misturadas com sabugo moído usado como substrato.

A avaliação da resistência é feita geralmente aos 7 e/ou aos 14 dias após a infestação. Na mesma são utilizadas escalas visuais que levam em conta o tipo de dano (tamanho e número das lesões) e os tecidos atingidos (folhas e/ou cartucho). Existem diferentes escalas que variam segundo o número de notas consideradas. A escala de Carvalho (1970) considera notas de 0 a 5 (0= maior resistência, 5= maior suscetibilidade). Outras escalas contêm uma discriminação mais detalhada dos danos, com notas de 1 a 10 (Wiseman et al., 1966) ou de 0 a 9 (Davis & Williams, 1992). A primeira apresenta maior simplicidade no uso e acarreta menor subjetividade nas avaliações. Com base nestas escalas e sob uma mesma intensidade de infestação da praga, os materiais com menores danos são destacados por apresentarem um maior nível de resistência.

O desenvolvimento de técnicas de criação artificial de *S. frugiperda* (Burton, 1967; Burton & Perkins, 1989) e de infestação artificial (Wiseman et al., 1980; Mihm, 1983) permitiu uma maior eficiência dos processos de seleção e portanto da busca de genótipos resistentes, desenvolvimento de programas de melhoramento e liberação de linhagens e cultivares resistentes (Wiseman e Davis, 1990).

Um grande número de pesquisas tem empregado infestações artificiais em estudos da resistência genética a diferentes espécies de Lepidópteros. Já no ano 1964, Scott et al. começaram estudos da resistência à broca europeia (*Ostrinia nubilalis*) sob infestações artificiais com massas de ovos aplicados manualmente no cartucho das plantas. Numerosos estudos posteriores empregaram massas de ovos nas infestações (Widstrom et al., 1972; Showers & Reed, 1972; Klenke et al., 1986; Reid et al., 1990) e lagartas recém eclodidas

geralmente em trabalhos mais recentes (Thome et al., 1992; Williams et al., 1995, 1998)

No Brasil, Viana e Potenza (1991) identificaram vários genótipos como mais resistentes mediante infestações artificiais com lagartas em condições de campo, no período de 1986 a 1990. Viana (1994) avaliou em ensaios de campo 121 materiais do Banco Ativo de Germoplasma de Milho do CNPMS/EMBRAPA (Sete Lagoas) para resistência à lagarta do cartucho no ano de 1993. Através de infestações artificiais e uma escala visual de notas de 0 a 9, obteve-se uma amplitude de notas de 4,5 a 7. Os genótipos considerados resistentes apresentaram notas iguais ou inferiores a 5,5.

2.4.3 Bases genéticas da resistência

A resistência das plantas aos insetos pode ser definida como "as qualidades geneticamente herdadas que fazem que as plantas de uma variedade ou genótipo sejam menos danificadas que aquelas de uma variedade ou genótipo suscetível que não possui tais qualidades" (Painter, 1951). Portanto, a resistência é uma propriedade relativa que se baseia na reação comparativa aos insetos de plantas resistentes e suscetíveis cultivadas sob as mesmas condições.

Dentre as pragas de Lepidópteros do milho, a mais ampla informação acerca da herança da resistência tem se desenvolvido no caso da broca européia pelo fato de ser a principal praga desta cultura nos Estados Unidos e na Europa, onde as pesquisas começaram cedo e foram mais intensivas (Smith, 1994).

Para lagarta do cartucho, foram feitos estudos no sul dos Estados Unidos já na década do 60 (Wiseman et al., 1966, 1967), mas são escassos os estudos deste tipo em germoplasma tropical e subtropical.

A natureza genética da resistência a larvas de Lepidópteros em geral, portanto também para lagarta do cartucho, tem sido demonstrada ser de tipo

quantitativa e a variação devida principalmente a genes de efeito aditivo, sem descartar a presença de dominância. Widstrom et al. (1972) estudaram por sua resistência a *S. frugiperda* oito linhagens e seus híbridos em um modelo dialélico sem cruzamentos recíprocos. Foram feitas infestações artificiais em dez plantas por parcela com 5 a 7 larvas do primeiro instar, 30 dias depois do plantio. Os autores avaliaram o nível de dano nas folhas nas linhagens parentais e seus híbridos e encontraram efeitos genéticos aditivos altamente significativos e alguns cruzamentos com efeitos de heterose específica significativos.

Estudos da resistência ao dano nas folhas por *O. nubilalis* indicaram a presença de alguns efeitos de dominância (Jennings et al., 1974; Scott et al., 1964)

Williams et al. (1978) avaliaram um modelo dialélico para nove linhagens de milho sob infestação natural de *S. frugiperda* em dois anos de experimentos. Eles encontraram valores significativos de capacidade geral e específica de combinação nos resultados do primeiro ano, e significância na capacidade geral de combinação no segundo ano.

Williams et al. (1989) avaliaram um esquema de cruzamentos dialélicos entre linhagens com diferentes níveis de resistência a *S. frugiperda* e *Diatraea grandiosella*. Para ambas espécies, a capacidade geral de combinação foi uma fonte de variação entre híbridos altamente significativa, enquanto que a capacidade específica foi não significativa.

Thome et al. (1992) estudaram a resistência a *Diatraea grandiosella*, *D. saccharalis* e *Ostrinia nubilalis* em dez linhagens endogâmicas resistentes provenientes do CIMMYT e duas linhagens suscetíveis, por meio de um modelo dialélico completo e sob infestação artificial para cada uma das três espécies. A capacidade geral de combinação para a resistência ao dano nas folhas foi significativa, mas a variação devida à capacidade específica de combinação foi não significativa para as três espécies de insetos.

Widstrom et al. (1992) estudaram onze populações com diferentes níveis de resistência a *S. frugiperda* e avaliaram a performance de seus híbridos em um modelo dialélico completo. Eles destacaram a importância dos efeitos aditivos para o caráter resistência, sendo que mais de 50% da variabilidade total foi explicada pela capacidade geral de combinação. Em outra pesquisa posterior (Widstrom et al., 1993), a partir de cruzamentos entre populações subtropicais com resistência a lagarta do cartucho, foi encontrado que os efeitos *per se* das populações foram suficientes para prever sua performance em cruzamentos. Os efeitos de heterose média foram os únicos efeitos de heterose significativos, mas reportaram alguns cruzamentos com efeitos significativos para capacidade específica de combinação.

Welcker et al. (1994a, b) ressaltaram a significância da variação genética aditiva e da interação genótipo-ambiente, em germoplasma do Caribe. Guimarães e Viana (1994), em um modelo dialélico de 10 populações sob infestação artificial encontraram efeitos aditivos e não-aditivos condicionando a resistência.

Um experimento de laboratório direcionado para a avaliação da resistência para *S. frugiperda* e *D. Grandiosella* em linhagens com diferentes níveis de resistência a campo, revelou a presença de genes de efeito aditivo e genes de efeito dominante na medição do peso das lagartas (Williams et al., 1995).

As populações CMS14C, CMS23 e BR5026 (São José) foram avaliadas através de *topcrosses* entre progênie endogâmicas S_2 , tendo as populações originais como testadores, sob infestação artificial (Nishikawa, 1999). Pelos valores da variância aditiva que foram obtidos nas diferentes populações, foi sugerido que as mesmas poderiam fazer parte de programas de seleção recorrente intrapopulacional.

A natureza da resistência a larvas de Lepidópteros também foi estudada por métodos de Biologia Molecular. Khairallah et al. (1994) empregaram marcadores RFLP na identificação de QTL's (*Quantitative Trait Loci*) de

resistência a *D. grandiosella* e *D. saccharalis*. Várias regiões cromossômicas mostraram estar envolvidas na resistência às duas pragas e a maioria dos QTL's mostraram efeitos de dominância e aditividade.

Viana & Guimarães (1994b) estudaram 180 progênies S_1 da população MIRT (*Multiple Insect Resistance*) do CIMMYT sob infestação artificial e reportaram herdabilidade de 42% até 53%. Em trabalhos sob infestação natural foram estimadas herdabilidades menores, de acordo com o esperado, com valores de 12% a 45% (Widstrom, 1987), 20% (Welcker et al., 1994b; Widstrom et al., 1992) e 29 % (Osuna et al., 1995)

2.4.4 Métodos de melhoramento

Os métodos de seleção recorrente intrapopulacional permitem um maior aproveitamento da variância aditiva e a seleção recorrente interpopulacional das variância aditiva e dominante. Mediante a seleção recorrente é possível a acumulação de diferentes genes e mecanismos de resistência que vão garantir uma resistência mais durável e efetiva; além de permitir melhorar os materiais por suas características agronômicas.

Widstrom et al. (1972), que encontraram uma alta significância dos efeitos aditivos, recomendaram o emprego de um método de seleção recorrente de progênies endogâmicas para acumular genes de resistência até atingir um nível de resistência de utilidade para o produtor. Scott & Davis (1981b) lançaram umas das primeiras populações resistentes (MpSWCB) obtida a partir de germoplasma do Caribe depois de dois ciclos de seleção recorrente de progênies S_1 . Foi desenvolvida para resistência a *D. grandiosella*, porem, apresenta genes de resistência a *S. frugiperda*.

No CIMMYT (Smith et al., 1989) foi desenvolvida a população MBR (*Multiple Borer Resistance*) por seleção recorrente de progênies S_1 e S_2 e avaliações em *test-crosses*. Nos sucessivos ciclos as progênies foram avaliadas sob infestação artificial de *D. grandiosella*, *D. saccharalis* e *S.*

frugiperda. Esta população com resistência múltipla às pragas mencionadas constituiu uma fonte de linhagens, sintéticos e híbridos a serem utilizados nas regiões onde mais de uma praga ataca à cultura do milho.

Visando o objetivo de transferir resistência a *S. frugiperda* a híbridos comerciais de milho no sudeste dos Estados Unidos, Widstrom et al. (1992) iniciaram um programa de seleção recorrente de famílias S_1 na população FAW-CC (composto de mais de 50 acessos resistentes à lagarta do cartucho coletados na América Central e América do Sul). Depois de 5 ciclos de seleção obtiveram um ganho médio de - 0.31 unidades por ciclo (utilizando uma escala de notas de 0 a 9). O baixo ganho médio se deveu ao fato de a população FAW-CC já apresentar um bom nível de resistência, mas também pelas dificuldades decorrentes de se trabalhar com este tipo de caracteres.

Penny et al. (1967) estabeleceram que três ciclos de seleção recorrente de progênies S_1 foram suficientes para atingir um nível aceitável de resistência a lagartas.

2.4.5 Fontes de resistência

A identificação de novas fontes de resistência deve ser um processo contínuo em todo programa de melhoramento para resistência a insetos, visando a introgressão de novos genes no germoplasma comercial. A incorporação de novos genótipos nas avaliações, que deve incluir tanto materiais locais como exóticos, pode dar a chance de identificar mecanismos e/ou genes de resistência não disponíveis.

Existem numerosos exemplos na literatura acerca de fontes de resistência que são efetivas para diferentes espécies de Lepidópteros (Scott & Davis, 1981b; Williams et al., 1989; Thome et al., 1992). Portanto, a incorporação de novo germoplasma pode implicar também a inclusão de fontes de resistência reportadas para outras espécies e seu comportamento pode ser avaliado para aquela de interesse.

Smith et al. (1989) pesquisaram os acessos do Banco de Germoplasma do CIMMYT e encontraram novas fontes de resistência que foram introgridas nas populações MIRT (*Multiple Insect Resistance Tropical Population*) e MBR (*Multiple Borer Resistance Population*)

Resistência a lagarta do cartucho foi identificada em germoplasma do Caribe (Wiseman et al., 1967) e moderados níveis de resistência tem sido desenvolvidos em germoplasma Tuxpeño (Smith, 1982). Antibiose ou não-preferência são os principais mecanismos identificados nas populações do Caribe e a tolerância no Tuxpeño.

No Brasil, foram feitas avaliações de germoplasma local e exótico e linhagens elite no CNPMS/EMBRAPA. Numerosas fontes de resistência foram encontradas (Viana, 1992); algumas delas, como CMS23 e CMS14C foram incluídas em programas de melhoramento. CMS14C foi melhorada por seleção recorrente de irmãos-germanos e seleção recorrente de progênies S_1 durante 4 ciclos de seleção. CMS23 foi submetida a endogamia e obtenção de populações sintéticas. Em ensaios de laboratório foi estabelecido o efeito de antibiose de CMS 14C por determinar um menor peso das lagartas e pupas e maior período de desenvolvimento até estágio adulto. Esta população também apresentou não-preferência para a oviposição das mariposas (Viana & Guimarães, 1994a).

2.4.6 Aplicação de técnicas biotecnológicas

Nos últimos vinte anos ocorreu uma revolução incrível na área da Genética. Esta revolução, ora em marcha, vai afetar a maneira de fazer Ciência e de desenvolver variedades. Uma das ferramentas mais importantes desta revolução é a transformação genética. Esta técnica consiste na manipulação direta do material genético, envolvendo a transferência de genes de um organismo para outro ou mesmo a introdução de genes sintetizados artificialmente.

A primeira planta transgênica, na qual um gene bacteriano foi introduzido, foi obtida em 1983. Até a presente data já foram conseguidas plantas transgênicas em diversas espécies de interesse agrônomo. Algumas dessas espécies transformadas já são exploradas comercialmente. A empresa Northrup King, registrou sua primeira variedade transgênica de milho resistente a Lepidópteros por ser portadora do gene Bt (obtido a partir da bactéria *Bacillus thuringiensis*) e vêm comercializando semente transgênica nos Estados Unidos desde 1996 (Borém, 1998).

No entanto, devido ao fato desta resistência estar baseada no produto de um só gene, poderia se prever a geração de indivíduos resistentes nas populações de insetos. A estratégia atual do CIMMYT para o desenvolvimento de variedades resistentes consiste em piramidizar genes Bt em populações de milho previamente melhoradas para resistência multigênica (Smith, 1994). Esta estratégia possibilitará incrementar os níveis e durabilidade da resistência do milho às pragas de Lepidópteros.

No caso de *S. frugiperda*, novas variantes do gene Bt mais efetivas foram procuradas para incrementar o efeito inseticida sobre esta espécie. Produtos Bt convencionais tem sido pouco eficientes para o controle desta praga (Alfonzo et al., 1994).

2.5 Cruzamentos dialélicos

Para o estudo da variância genética de caracteres de herança complexa em plantas alógamas, tem sido desenvolvida uma série de modelos genéticos que incluem a endogamia e cruzamentos sistemáticos de indivíduos, dentre eles, os esquemas de cruzamentos dialélicos. Tais esquemas são frequentemente utilizados para estudar a herança da produtividade de grãos e caracteres de resistência a diferentes doenças e pragas (Hallauer e Miranda Filho, 1995).

A metodologia de cruzamento dialélico entre variedades foi intensificada depois que Sprague & Tatum (1942) introduziram os conceitos de capacidade geral e específica de combinação para cruzamentos entre linhagens em todas as combinações possíveis. Griffing (1956) apresentou uma metodologia detalhada para a análise de conjuntos fixos de linhagens ou de variedades em cruzamentos dialélicos. Gardner & Eberhart (1966) sugeriram um modelo de análise para conjuntos fixos de variedades, pelo qual a média de um híbrido intervarietal é explicada pelo valor *per se* das variedades genitoras e pela heterose e seus componentes: heterose média, heterose de variedades e heterose específica, sendo este último equivalente à capacidade específica de combinação do método 4 de Griffing (1956).

Uma das limitações principais do uso de experimentos dialélicos é o grande número de cruzamentos necessários para a avaliação de um conjunto de variedades ou linhagens. Kempthorne & Curnow (1961) introduziram a teoria dos dialelos parciais para uma amostra ao acaso de genótipos. Com este tipo de metodologia, o número de cruzamentos é reduzido em comparação ao dialélico completo, permitindo a avaliação de um grande número de genótipos parentais, o que determina uma maior eficiência na estimação da capacidade combinatória dos mesmos.

Um modelo de cruzamento dialélico parcial foi sugerido por Miranda Filho (citado por Gonçalves, 1987) quando são utilizados dois conjuntos (grupos) de genótipos e somente são realizados os cruzamentos intergrupos.

Miranda Filho & Geraldi (1984) apresentaram um modelo dialélico parcial para o análise de dois conjuntos fixos de variedades ou linhagens, adaptado do modelo dialélico completo de Gardner & Eberhart (1966). Na comparação de modelos para a análise de cruzamentos dialélicos parciais, Geraldi & Miranda Filho (1988) concluíram que este modelo fornece informação mais detalhada em relação à performance das variedades *per se* e em cruzamentos. No modelo dialélico parcial, um conjunto de n variedades é dividido em dois grupos, n_1 e n_2 , e os cruzamentos somente são realizados entre grupos. Por

este método avaliam-se $(n_1 \times n_2)$ híbridos mais as $(n_1 + n_2)$ variedades, enquanto que pelo dialélico completo avaliam-se $N(N+1)/2$ materiais, sendo $N = n_1 + n_2$.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Germoplasma

Nas Tabelas 1 e 2 se apresentam o total de populações incluídas neste trabalho: 113 populações pertencentes ao NAP (Núcleo de Apóio à Pesquisa do Estado de São Paulo) (Grupo 1) e 9 populações exóticas e semi-exóticas de diferentes origens (Grupo 2). As 113 populações do Grupo 1 foram avaliadas preliminarmente no ano agrícola 97/98, sob condições de infestação artificial (posteriormente relatadas no item 3.1.2). Esta primeira avaliação permitiu selecionar os materiais mais resistentes que foram posteriormente incluídos no experimento dialélico, junto às 9 populações do Grupo 2.

3.1.1 Populações do Grupo 1

As populações do Grupo 1 (Tabela 1) provêm de diferentes institutos de pesquisa do Brasil: CNPMS (Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA - Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais), ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo – Piracicaba, Estado de São Paulo), IAC (Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, Estado de São Paulo) e IAPAR (Instituto Agrônômico do Estado de Paraná - Londrinas, Estado de Paraná).

Tabela 1. Populações NAP incluídas na avaliação preliminar e sua instituição de origem.

Populações	Origem	Populações	Origem
BAIII Tusón	CNPMS (1)	EE (Entrelaçado x ESALQPB1)	ESALQ
BR 106	CNPMS	ESALQ PB 1	ESALQ
BR 107	CNPMS	ESALQ PB 1 R-	ESALQ
BR 112	CNPMS	ESALQ PB 1 R+	ESALQ
BR 126	CNPMS	ESALQ PB 4	ESALQ
BR 451	CNPMS	ESALQ PB 5	ESALQ
BR 5026 (São José)	CNPMS	ESALQ PB 1 E-	ESALQ
CMS 01	CNPMS	ESALQ PB 1 E+	ESALQ
CMS 02	CNPMS	ITA amarelo	ESALQ
CMS 03	CNPMS	Piranao VD2	ESALQ
CMS 04	CNPMS	Piranao VF1	ESALQ
CMS 14C	CNPMS	ESALQ PB 2 x ESALQ PB 3 amarelo	ESALQ
CMS 15	CNPMS	ESALQ PB 2 x ESALQ PB 3 branco	ESALQ
CMS 16	CNPMS	CEX 2	ESALQ
CMS 22	CNPMS	CEX 3	ESALQ
CMS 23	CNPMS	CEX 4	ESALQ
CMS 24	CNPMS	EC	ESALQ
CMS 28	CNPMS	Amarillo dentado DMR	IAC (3)
CMS 29	CNPMS	Anão dentado	IAC
CMS 30	CNPMS	Asteca	IAC
CMS 33	CNPMS	Braciat	IAC
CMS 36	CNPMS	Caribeño DMR	IAC
CMS 38	CNPMS	Cateto	IAC
CMS 41	CNPMS	Composto Dent waxe	IAC
CMS 454	CNPMS	Composto duro	IAC
CMS 455	CNPMS	Cuprico DMR	IAC
CMS 46	CNPMS	Guatemala	IAC
CMS 47	CNPMS	Iubatã	IAC
CMS 49	CNPMS	MEB	IAC
CMS 50	CNPMS	Moroti	IAC
CMS 51	CNPMS	Múltiplos	IAC
CMS 52	CNPMS	Philippine DMR 2	IAC
CMS 53	CNPMS	Philippine DMR 4	IAC
CMS 54	CNPMS	Philippine DMR Co. 2	IAC
CMS 55 PH4	CNPMS	Selección precoz	IAC
CMS 57	CNPMS	SRR dentado	IAC
CMS 58	CNPMS	Suwan 2	IAC
CMS 61	CNPMS	Taiúba	IAC
CMS453	CNPMS	Tuxpeño amarelo	IAC
Pasco 14	CNPMS	Tuxpeño crema I	IAC
Tuxp.sequia x amarelo	CNPMS	World Composite	IAC
Centralmex	ESALQ (2)	WP 12	IAC
CEX 1	ESALQ	GI 041	IAPAR (4)

Tabela 1. Populações NAP incluídas na avaliação preliminar e sua instituição de origem.

GI 045	IAPAR	IAP. 52	IAPAR
GI 048	IAPAR	IAP.15	IAPAR
GI 064	IAPAR	IAP.26	IAPAR
IAP. 51	IAPAR	IAP.50	IAPAR
PC 8616	IAPAR	PMI 9301	IAPAR
PC 8617	IAPAR	PMI 9302	IAPAR
PC 9405	IAPAR	PMI 9303	IAPAR
PMI 8201	IAPAR	PMI 9304	IAPAR
PMI 8502	IAPAR	PMI 9305	IAPAR
PMI 8505	IAPAR	PMI 9306	IAPAR
PMI 8506	IAPAR	PMI 9307	IAPAR
PMI 8601	IAPAR	PMI 9401	IAPAR
PMI 8701	IAPAR	PMI 9402	IAPAR
PMI 8704	IAPAR		

- (1) CNPMS: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA) – Sete Lagoas, Estado de Minas Gerais.
- (2) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Universidade de São Paulo) – Piracicaba, Estado de São Paulo.
- (3) Instituto Agrônomo de Campinas, Estado de São Paulo.
- (4) Instituto Agrônomo do Estado de Paraná. Londrinhas, Estado de Paraná.

Os materiais do Grupo 1 pertencem a um conjunto maior de populações extensamente avaliadas no Núcleo de Apóio à Pesquisa de Milho (Projeto NAP-MILHO, ESALQ-USP). Neste projeto, 140 populações de diferentes origens foram estudadas para caracteres de produtividade de grãos e resistência a diversas doenças (Maldonado Ferreira, 1999; Basso, 1999). No entanto, o Projeto NAP-MILHO não considerou estudos acerca da resistência a insetos praga. Neste contexto, foi desenvolvida uma avaliação preliminar da maior parte das populações incluídas no NAP-MILHO por seu comportamento frente ao ataque da lagarta do cartucho, por ser esta a principal praga do milho no Brasil.

3.1.2 Pre-seleção das populações do Grupo 1

Com o objetivo de fazer uma avaliação preliminar sob infestação artificial das populações do NAP, foram plantados ensaios a campo em setembro de 1997 em Piracicaba. As populações foram divididas em dois experimentos que

foram instalados em blocos casualizados, com parcelas de 1 linha de 5m de 25 plantas cada uma e duas repetições por tratamento. Em todos os casos foram incluídas testemunhas resistentes e suscetíveis. As populações CMS 14C, CMS 23 e São José constituíram as testemunhas resistentes e a população Piranão VD2 a suscetível.

CMS 14 C deriva do Pool 25 do Cimmyt e é uma população selecionada em testes de campo sob infestação artificial de lagarta do cartucho, liberada no ano 1987 como fonte de resistência a esta praga. A população CMS 23 foi formada a partir de 24 progênies S_2 selecionadas em 1988/89 para resistência a lagarta do cartucho a partir da população CMS23 original (Antigüa x República Dominicana), e cinco linhagens endogâmicas selecionadas por produtividade e características de interesse agrônomo. Ambas populações foram desenvolvidas no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS), Sete Lagoas-MG (Viana e Guimarães, 1994a).

A população São José (BR 5026) é um composto formado a partir de 363 progênies de meios irmãos obtidas em quatro ciclos de seleção entre e dentro de famílias no Composto Dentado, originário da ESALQ-USP, considerando principalmente a resistência às lagartas do cartucho e da espiga (*Helicoverpa zea*). Esta população foi desenvolvida na Universidade Federal Rural de Pernambuco-RE (UFRPE) (Lemos et al., 1995).

Piranão VD2 representa a versão braquítica do ESALQ-VD2, população obtida a partir da combinação de populações introduzidas do CIMMYT, selecionadas para grãos amarelos dentados. Posteriormente foi melhorada por três ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos. Piranão VD2 é uma população de plantas de porte baixo e colmo grosso que apresenta suscetibilidade ao ataque da lagarta do cartucho (Nishikawa et al., 1999).

As infestações artificiais foram realizadas no estádio V6 - V8 (6 a 8 folhas abertas), em 5 plantas por parcela com 15 lagartas recém eclodidas por planta. As lagartas foram aplicadas por meio de "bazucas" segundo a metodologia idealizada pelo CIMMYT. A avaliação de danos foi feita aos 7 e aos 14 dias

após a infestação segundo a escala de notas de Carvalho et al. (1970). As notas de resistência à lagarta foram analisadas segundo o análise de variância do esquema de blocos casualizados e teste de comparação de médias. Foram selecionadas as 19 populações mais resistentes segundo as médias das duas avaliações. As 19 populações selecionadas (identificadas em negrito na Tabela 1) e a população suscetível Piranão VD2 formaram o Grupo 1 no esquema de cruzamento dialélico, e serão denominadas simplesmente de Grupo 1 na presente apresentação.

A população Piranão VD2 foi incluída no Grupo 1 tal que, sendo um material suscetível teria baixa frequência de alelos favoráveis para resistência e portanto, ampla divergência genética com os materiais resistentes portadores de alelos de resistência, este fato permitiria uma melhor estimativa dos efeitos genéticos envolvidos na resistência.

3.1.3 Populações do Grupo 2

As populações do Grupo 2 (Tabela 2) compreendem um conjunto de materiais exóticos provenientes do CIMMYT (*Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo*) e um outro conjunto de materiais semi-exóticos provenientes de cruzamentos entre germoplasma local e germoplasma exótico dos Estados Unidos e Cuba.

Tabela 2. Populações exóticas e semi-exóticas: designação e origem.

Populações	Designação	Origem
MIRT (<i>Multiple Insect Resistance Tropical Population</i>)	E1	CIMMYT
PR91B	E2	CIMMYT
B95xltuiutaba	E3	Est. Unidos x Local
B97xltuiutaba	E4	Est. Unidos x Local
População 58	E5	CIMMYT
PI571676 (Madre de Dios 47) x ESALQ PB1	E6	Cuba x Local
PI489360 (Cuba 113) x ESALQ PB1	E7	Cuba x Local
PI489357 (Cuba 110) x ESALQ PB1	E8	Cuba x Local
PI571833 (Libertad 179) x ESALQ PB1	E9	Cuba x Local

As populações exóticas e semi-exóticas do Grupo 2 foram escolhidas como o outro conjunto de materiais a serem estudados no experimento dialélico intergrupo. Estas populações formam parte do Programa de Resistência a Lagarta do Departamento de Genética (ESALQ-USP) (Programa RL). As populações exóticas que o comportam foram previamente introduzidas por sua resistência a *S. frugiperda* e/ou outras espécies de lagartas no seu sítios de origem. Aquelas populações exóticas de baixa performance agrônômica nas condições de São Paulo, foram cruzadas por materiais locais a fim de melhorar sua adaptação. Assim o Grupo 2 é formado com materiais exóticos tropicais e sub-tropicais que apresentaram boa adaptação, e semi-exóticos provindos de cruzamentos entre germoplasma local adaptado e germoplasma exótico de baixa adaptação, de origem temperado e tropical. Estas populações serão denominadas simplesmente de Grupo 2 na presente apresentação.

3.1.4 Testemunhas

A fim de selecionar testemunhas de comportamento extremo (resistentes e suscetíveis) para se fazer possíveis comparações entre as populações aqui avaliadas e materiais comerciais, foram instalados experimentos que incluíram duas variedades da EMBRAPA (BR105, BR106) e dez híbridos comerciais: AG519, Agromen 2012, Cargill 701, Cargill 901, Dina 766, Dina 887, G550, Master, Pioneer 3041 e XL510. Os mesmos foram avaliados no ciclo 97/98 por sua resistência a lagarta do cartucho, sob condições de infestação natural (Anhembi, S.P.) e artificial (Piracicaba, S.P.), sob delineamento de blocos completos ao acaso com quatro e três repetições, respectivamente. Com base no seu comportamento médio nas duas avaliações, foram escolhidos os híbridos de comportamento extremo (mais resistente e mais suscetível) a serem incluídos como testemunhas junto aos demais tratamentos.

3.2 Cruzamento dialélico parcial intergrupos (Grupo 1 x Grupo 2)

As 20 populações seletas do NAP (Grupo 1), incluindo 19 seletas mais Piranão, e as 9 populações exóticas e semi-exóticas (Grupo 2) foram cruzadas segundo o esquema dialélico parcial sugerido por Miranda Filho & Geraldi (1984) (Tabela 3).

Na safrinha do ano 1998 foram plantadas linhas pareadas de 8 m de comprimento (40 plantas por fileira), sendo os pares as combinações 20 x 9. O plantio foi feito no campo experimental do Depto. de genética da ESALQ-USP. Por ocasião da época do florescimento, foram feitas polinizações manuais para obter semente suficiente de cada um dos cruzamentos.

Em cada operação de polinização foi feita uma “bombinha” de pólen de todas as plantas de uma fileira, para polinizar as espigas da outra fileira. Esta operação foi realizada também no sentido inverso, sendo assim incluídos os cruzamentos recíprocos, já que todas as plantas atuaram como fêmeas e machos nos cruzamentos. No mês de agosto de 1998 foi realizada a colheita, sendo colhidas em conjunto as duas fileiras de cada cruzamento, totalizando os 180 tratamentos a serem avaliados.

3.3 Avaliação experimental

Os 180 híbridos obtidos, 29 variedades genitoras e 2 testemunhas comerciais (resistente e suscetível), totalizando 211 tratamentos, foram avaliados em três locais sob delineamento de blocos casualizados. As parcelas foram constituídas em todos os casos por uma linha de 5 m com espaçamento de 0,90 m entre fileiras e contendo 25 plantas por parcela.

Os locais de avaliação incluíram:

Local 1 - Piracicaba (S.P.) – (sob infestação artificial de *S. frugiperda*) - Campo experimental do Depto. de Genética;

Local 2- Anhembi (S.P.) – (sob infestação natural de *S. frugiperda*) Campo experimental do Depto. de Genética;

Local 3- Piracicaba (S.P.) – (sem infestação de *S. frugiperda*) - Campo experimental do Depto. de Genética.

Os experimentos contaram com três repetições nos locais 1 e 3, e quatro repetições no local 2. Se considerou adequada a inclusão de quatro repetições no local 2 a fim de melhorar a eficiência das avaliações sob infestação natural. As datas de plantio foram 23 de setembro, 22 de setembro e 20 de novembro de 1998, para os locais 1, 2 e 3, respectivamente.

3.4 Caracteres avaliados

3.4.1 Avaliação da resistência à lagarta do cartucho (RLC).

No local 1 (Piracicaba) foi avaliada a resistência a *S. frugiperda* sob condições de infestação artificial e no local 2 (Anhembi) sob infestações naturais da praga. O Local 3 não incluiu avaliações da resistência à lagarta do cartucho. A seguir são relatadas as metodologias de infestação artificial e de avaliação visual dos danos, para os locais 1 e 2.

A testemunha suscetível foi incluída como parcela intercalar a cada 15 fileiras nos experimentos dos locais 1 e 2, a fim de obter uma estimativa da uniformidade das infestações tanto artificiais como naturais.

3.4.1.1 Metodologia de infestação artificial

Para a realização das infestações artificiais, foram inicialmente coletadas cerca de 50 posturas no campo. As mesmas foram mantidas e replicadas conforme os métodos propostos por Burton & Perkins (1989), no Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia da ESALQ-USP.

A infestação artificial foi feita nos experimentos de campo com larvas recém eclodidas (neonatas), provenientes de posturas em papel dentro de gaiolas para cria de adultos. No mesmo dia da infestação, as larvas neonatas foram manualmente tiradas do papel, com a ajuda de uma escova muito suave, e postas em placas de Petri contendo sabugo moído. O sabugo moído, empregado como agente protetor, foi obtido a partir de sabugos livres da aplicação de produtos agroquímicos, moídos com um moedor de grãos e posteriormente esterilizados em autoclave.

A quantidade adequada de sabugo moído a misturar com as lagartas foi previamente calculada segundo a quantidade expedida em cada tiro da bazuka. Este aparelho foi calibrado de forma a aplicar em cada tiro uma quantidade aproximada de 5 larvas misturadas com sabugo moído.

A mistura de larvas e o sabugo foi preparada em gabinete e os recipientes das bazukas cobertos com papel de alumínio para protegê-los da luz do sol e evitar a aglomeração de larvas por sua tendência fototrópica. Assim foram transportados até o campo em caixas de isopor para realizar as infestações.

No experimento de infestação artificial cada planta a ser avaliada recebeu três tiros consecutivos da bazuka com cerca de cinco lagartas por tiro, totalizando cerca de 15 lagartas por planta. A aplicação foi feita de forma a direcionar o aparelho dispensador no centro do cartucho.

Foram infestadas 8 plantas por parcela, previamente identificadas, em cada uma das três repetições, estando as plantas no estágio V6-V8 (6 a 8 folhas abertas).

3.4.1.2 Avaliação visual dos danos

No experimento de infestação artificial, a avaliação visual dos danos foi feita aos 7 e aos 14 dias após a infestação, em cada uma das 8 plantas infestadas da parcela. Para o local 2, sob condições de infestação natural, se

considerou como momento adequado para as avaliações àquele temporalmente semelhante ao do local 1. Foi feita uma primeira avaliação 7 dias depois do estágio V6-V8, seguida de outra avaliação uma semana depois. Sob condições naturais, o momento do início das avaliações se deu depois de um pico populacional da praga que tinha ocasionado uma alta infestação no ensaio.

Em ambos os casos foi utilizada a escala de notas proposta por Carvalho et al. (1970):

- 0 = planta com folhas não danificadas
- 1 = planta apresentando raspadura nas folhas
- 2 = planta apresentando furo nas folhas
- 3 = planta apresentando lesões nas folhas
- 4 = planta apresentando lesões na região do cartucho
- 5 = planta apresentando cartucho destruído.

Para a análise estatística dos resultados utilizou-se a média das duas avaliações. Davis et al. (1992) recomendaram utilizar a média destas duas avaliações por causa de que nos primeiros instares (depois dos sete dias da infestação) pode ocorrer a movimentação de larvas entre plantas.

3.4.2 Avaliação de caracteres agronômicos

Foram tomados dados dos seguintes caracteres:

- PG : Peso de grãos (kg/ha)
- AP : Altura de planta (cm)
- AE : Altura de espiga (cm)
- IA : Índice de acamamento (%)
- IQ : Índice de quebramento (%)

A variável PG foi medida nos locais 1, 2 e 3; e as variáveis AP, AE, IA e IQ foram medidas nos locais 2 e 3.

A produtividade de grãos foi medida a partir da colheita manual de todas as espigas da parcela, que foram deixadas por alguns dias a temperatura

ambiente para atingir a umidade de equilíbrio, e foram posteriormente debulhadas e os grãos pesados. O peso de grãos por parcela foi levado a kg/ha, segundo a superfície de 4,5 m² das parcelas.

As variáveis AP e AE foram medidas com régua graduada desde a base da planta até o extremo inferior do pendão para AP, e até o nó de inserção da primeira espiga para AE.

Para a medição de IA e IQ foram contadas todas as plantas da parcela tomando-se o número de plantas acamadas em um ângulo maior que 45° para IA, e número de plantas quebradas abaixo da espiga para IQ. Ambos índices se expressaram como percentagens.

3.5 Análise estatística dos caracteres avaliados

3.5.1 Correlação entre caracteres medidos na testemunha intercalar

A partir dos análises de variância e covariância, foram obtidas correlações entre todas as variáveis medidas na testemunha intercalar. Foi estimado o coeficiente de correlação linear fenotípica ou coeficiente de correlação “r”, definido por Vencovsky & Barriga (1978) como uma relação de variâncias (σ^2) e covariâncias (Cov). Considerando os caracteres x e y os autores definem “r” como sendo:

$$r_{f(xy)} = \text{Cov } f(x, y) / \sigma_{fx} \cdot \sigma_{fy}$$

3.5.2 Análise da variância preliminar

Foi realizada a análise da variância preliminar por local, para todos os caracteres estudados, segundo o delineamento em blocos casualizados, cujo modelo matemático é o seguinte:

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

onde:

Y_{ij} = observação do tratamento i , na repetição j

u = média geral.

t_i = efeito do tratamento i

b_j = efeito do bloco j

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

A análise da variância associado a este delineamento, com a decomposição da soma de quadrados de tratamentos envolvendo dois contrastes ortogonais devido à incorporação das testemunhas, é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Análise da variância preliminar por ambiente.

FV	GL	QM	TESTE F
Blocos	$r-1$	Q1	Q1/Q6
Tratamentos	$t-1$	Q2	Q2/Q6
Dialelo	$d-1$	Q3	Q3/Q6
Testemunhas	1	Q4	Q4/Q6
Dialelo. vs Test.	1	Q5	Q5/Q6
Erro	$(t-1).(r-1)$	Q6	

r = blocos, t = tratamentos, d = populações incluídas no dialelo, incluindo Grupo1, Grupo2 e híbridos.

3.5.3 Análise da variância preliminar conjunta.

A possibilidade de fazer análises conjuntas de diferentes ambientes depende da homogeneidade das variâncias residuais nos ambientes que se procura combinar. Neste sentido, adotou-se o critério de Cruz e Regazzi (1994) que estabelece a viabilidade de se proceder com a análise conjunta somente

nos ensaios cujos quadrados médios residuais não ultrapassem uma relação aproximada de 7:1.

Os dados dos diferentes locais foram combinados numa análise conjunta, seguindo o modelo:

$$Y_{ijk} = u + t_i + l_k + (t l)_{ik} + b_{j(k)} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = observação do tratamento i , no bloco j do local k

u = média geral.

t_i = efeito do tratamento i

l_k = efeito do local k

$(t l)_{ik}$ = efeito da interação tratamento x local

$b_{j(k)}$ = efeito do bloco j no local k

e_{ijk} = erro experimental associado ao tratamento i , no bloco j do local k

Considerou-se o modelo fixo, onde ambos os efeitos de locais e tratamentos são fixos. A análise da variância que responde a este modelo, incluindo os contrastes ortogonais com suas respectivas interações ambientais, é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Análise da variância preliminar conjunta.

FV	GL	QM	TESTE F
Blocos/Amb.	$a(r-1)$	Q1	Q1/Q11
Tratamentos	$(t-1)$	Q2	Q2/Q11
Dialelo	$d-1$	Q3	Q3/Q11
Testemunhas	1	Q4	Q4/Q11
Dialelo. Vs. Test.	1	Q5	Q5/Q11
Ambientes	$a-1$	Q6	Q6/Q1
Tratam. x Amb.	$(t-1)(a-1)$	Q7	Q7/Q11
Dialelo. X Amb.	$(d-1)(a-1)$	Q8	Q8/Q11
Test. X Amb.	$1(a-1)$	Q9	Q9/Q11
(Dial.. Vs. Test) x Amb.	$1(a-1)$	Q10	Q10/Q11
Erro	$(t-1)(r-1)a$	Q11	

a = ambientes, r = blocos, t = tratamentos, d = populações incluídas no dialelo, incluindo Grupo1, Grupo 2 e híbridos.

3.5.4 Análise complementar do esquema dialélico parcial intergrupos

Na análise da tabela dialélica por local utilizou se o modelo de dialelo completo de Garner & Eberhart (1966), adaptado por Miranda Filho & Geraldi (1984) para dialelos parciais:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha d + \frac{1}{2} (v_i + v_j) + \theta (\bar{h} + h_i + h_j + s_{ij}) + \bar{e}_{ij}$$

sendo Y_{ij} a média do cruzamento entre a população i e o testador j (para os pais é substituído por Y_{ii} e Y_{jj}); μ a média dos dois grupos (Grupo1 e Grupo 2); d uma medida da diferença entre populações do Grupo 1 e populações do Grupo 2); $\alpha = 1$ para Y_{ii} e $\alpha = -1$ para Y_{jj} ; $\theta = 0$ para os parentais e $\theta = 1$ para os cruzamentos; v_i e v_j os efeitos de populações do Grupo 1 e populações do Grupo 2, respectivamente; $\bar{h}$ a heterose média; h_i e h_j os efeitos de heterose de populações do Grupo 1 e populações do Grupo 2, respectivamente; s_{ij} a heterose específica do cruzamento ij; $\bar{e}_{ij}$ o erro associado com a média Y_{ij} .

No modelo de Miranda Filho & Geraldi (1984), os efeitos designados por “variedades-1” e “variedades-2”, dos grupos 1 e 2, foram substituídos no presente trabalho por efeitos de “populações do Grupo 1” e “populações do Grupo 2”, respectivamente.

As médias da tabela dialélica (Tabela 5) foram usadas para estimar os componentes de médias (Tabela 6) e realizar a análise da variância (Tabela 7).

Tabela 5. Tabela de médias do cruzamento dialélico parcial intergrupos (Miranda Filho & Geraldi, 1984).

		Grupo 2						Pop. Grupo 1	
Y _{ij}								Total	Y _{ij}
		1'	2'	3'	4'	j	n'=9	Y _{i.}	Y _{ij}
Grupo 1	1	Y _{11'}	Y _{12'}	Y _{13'}	Y _{14'}	Y _{15'}		Y _{1.}	Y ₁₁
	2							Y _{2.}	Y ₂₂
	3								
	i							Y _{i.}	Y _{ij}
	n=20							Y _{n.}	
Total (Y _{.j})		Y _{.1'}	Y _{.2'}	Y _{.3'}	Y _{.4'}	Y _{.n'}		Y _H	Y _I
Pop. Grupo 2	Y _{jj}	Y _{1'1'}	Y _{2'2'}	..	Y _{jj}	Y _{jj}	Y _{jj}	Y _T	

Na tabela 5, Y_{ij} é média do híbrido i x j; Y_{i.} é o total dos híbridos da população i; Y_{.j} é o total dos híbridos da população j; Y_{ii} e Y_{jj} são as médias das populações do Grupo 1 e das populações do Grupo 2; Y_I e Y_{II} são os totais de populações do grupo 1 e grupo 2, respectivamente; Y_H é o total dos híbridos ij; Y_T é o total de todos os híbridos e populações (Y_T = Y_I + Y_{II} + Y_H). O número total de tratamentos da tabela dialélica é N = I + J + IJ. I = total de populações do grupo 1 e J = total de populações do grupo 2.

Tabela 6. Fórmulas para estimação dos componentes de médias (Miranda Filho e Geraldi, 1984).

Efeitos	Estimadores
Média	$\mu = \frac{1}{2}(\bar{Y}_i + \bar{Y}_j)$
Contrastes entre grupos de populações	$d = \frac{1}{2}(\bar{Y}_i - \bar{Y}_j)$
Efeito de populações do Grupo 1	$\hat{v}_i = Y_{ii} - \bar{Y}_i$
Efeito de populações do Grupo 2	$\hat{v}_j = Y_{jj} - \bar{Y}_j$
Heterose média	$\hat{h} = Y_H - \mu$
Heterose de populações do Grupo 1	$\hat{h}_i = \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_H + \frac{1}{2}(\bar{Y}_i - Y_{ii})$
Heterose de populações do Grupo 2	$\hat{h}_j = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_H + \frac{1}{2}(\bar{Y}_j - Y_{jj})$
Heterose específica	$\hat{s}_{ij} = Y_{ij} + \bar{Y}_H - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j}$
Capacidade geral de combinação no Grupo 1	$\hat{g}_i = \frac{1}{2} v_i + \hat{h}_i$
Capacidade geral de combinação no Grupo 2	$\hat{g}_j = \frac{1}{2} v_j + \hat{h}_j$

Tabela 7. Análise da variância do esquema dialélico parcial para cada local

FV		GL	SQ
Dialelo ⁽¹⁾	n-1	$\sum_i Y_{ii}^2 + \sum_j Y_{jj}^2 + \sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{T^2}{N}$	
Populações do Grupo 1	I-1	$\frac{4}{4+J} \sum_i [Y_{ii} - \bar{Y}_p + \frac{1}{2}(Y_{i.} - J\bar{Y}_H)]^2$	
Populações do Grupo 2	J-1	$\frac{4}{4+I} \sum_j [Y_{jj} - \bar{Y}_t + \frac{1}{2}(Y_{.j} + I\bar{Y}_H)]^2$	
Grupo 1. vs Grupo 2.	1	$\frac{IJ}{N(4+I+J)} [(I+2)\bar{Y}_p - (J+2)\bar{Y}_t + (J-I)\bar{Y}_H]^2$	
Heterose	IJ	-.-	
Heterose média	1	$\frac{IJ}{4+I+J} [\bar{Y}_p + \bar{Y}_t - 2\bar{Y}_H]^2$	
Heterose de pop. do Grupo1	I-1	$\frac{J}{4+J} \sum_i [Y_{ii} - \bar{Y}_p - 2(\bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_H)]^2$	
Heterose de pop. do Grupo 2	J-1	$\frac{I}{4+I} \sum_j [Y_{jj} - \bar{Y}_t - 2(\bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_H)]^2$	
Heterose específica	(I-1)(J-1)	$\sum_{ij} Y_{ij}^2 - \frac{1}{J} \sum_i Y_{i.}^2 - \frac{1}{I} \sum_j Y_{.j}^2 + \frac{1}{IJ} Y_H^2$	
Erro (*)			

(1) Inclui todas as médias da tabela dialélica, referentes a Grupo 1, Grupo2 e híbridos.

Neste trabalho, as somas de quadrados das ANAVAs do dialelo parcial foram estimadas ao nível de médias de parcela do modo usual. No entanto, para uma melhor concordância com as somas de quadrados das ANAVAs preliminares, os valores resultantes foram multiplicados pelo numero de repetições, consequentemente, os quadrados médios do Erro utilizados nas provas de F, não precisam ser divididos pelo número de repetições.

3.5.5 Análise conjunta do esquema dialélico parcial intergrupos

Para a análise da variância complementar conjunta o modelo resultante foi o seguinte (Belluci, 1994):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha (d + (Id)_k) + \frac{1}{2} [v_i + v_j + (lv)_{ik} + (lv)_{jk}] + l_k + \theta (\bar{h} + h_i + h_j + s_{ij} + (\bar{lh})_k + (lh)_{ik} + (lh)_{jk} + (ls)_{ijk}) + \bar{e}_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} = média do cruzamento da população i do grupo 1 e o testador j do grupo 2 no local k , para as variedades parentais Y_{iik} ou Y_{jjk} .

l_k = efeito do local

$(Id)_k$, $(lv)_{ik}$, $(lv)_{jk}$, $(\bar{lh})_k$, $(lh)_{ik}$, $(lh)_{jk}$, $(ls)_{ijk}$: são as interações de local com os efeitos descritos no modelo por local.

$\bar{e}_{ijk}$ = erro associado com a média Y_{ijk} .

A análise da variância conjunta que reponde a este modelo é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Análise da variância complementar conjunto.

FV	GL	QM	TESTE F
Dialelo ⁽¹⁾	$pq+p+q-1$	Q1	Q1/Q18
Entre grupos	1	Q2	Q2/Q18
Pop. Grupo 1	$p-1$	Q3	Q3/Q18
Pop. Grupo 2	$q-1$	Q4	Q4/Q18
Heterose	pq	Q5	Q5/Q18
Het. média	1	Q6	Q6/Q18
Het. pop. Grupo 1	$p-1$	Q7	Q7/Q18
Het. pop. Grupo 2	$q-1$	Q8	Q8/Q18
Het. Específica	$(p-1)(q-1)$	Q9	Q9/Q18
Entre grupos x Amb.	1	Q10	Q10/Q18
Grupo 1 x Amb.	$p-1$	Q11	Q11/Q18
Grupo 2 x Amb.	$q-1$	Q12	Q12/Q18
Heterose x Amb.	pq	Q13	Q13/Q18
Het. Média x Amb.	1	Q14	Q14/Q18
Het. Grupo1 x Amb.	$p-1$	Q15	Q15/Q18
Het. Grupo 2 x Amb.	$q-1$	Q16	Q16/Q18
Het. Específica x Amb.	$(p-1)(q-1)$	Q17	Q17/Q18
Erro medio (*)		Q18	

p = numero de populações do Grupo 1, q = numero de populações do Grupo 2.

⁽¹⁾ Inclui todas as médias da tabela dialélica, referentes a Grupo 1, Grupo2 e híbridos.

As fórmulas de cálculo das somas de quadrados dos efeitos principais já foram apresentadas no ponto anterior.

4 RESULTADOS E DISCUSÃO

4.1 Avaliação e seleção preliminar de populações

Na avaliação preliminar de populações do NAP para seleção daquelas com maior nível de RLC (resistência a lagarta do cartucho), obteve-se um valor médio de 1,59 na escala de 0 a 5 (Carvalho, 1970), para o conjunto de 113 populações estudadas. Entre os materiais incluídos como testemunhas resistentes, a população CMS14C apresentou o menor nível de dano nas folhas (1,02) e a testemunha suscetível (Piranão VD2) teve o maior valor (2,61) (Tabela 9).

Obtiveram-se diferenças significativas entre testemunhas ($P < 0,01$; análises não apresentadas) o que estabelece que as condições de infestação artificial foram adequadas para a discriminação entre genótipos. O coeficiente de variação (CV) médio dos experimentos foi de 30%, valor que concorda com aqueles reportados na literatura para avaliações de resistência a larvas de Lepidópteros sob infestação artificial (Klenke et al, 1986; Nishikawa, 1999).

A partir desta avaliação preliminar, foram selecionadas as 19 populações mais resistentes. As médias da variável RLC destas populações se apresentam na Tabela 9. A média geral dos materiais selecionados foi de 1,20; 24% menor do que a média geral das 113 populações avaliadas (1,59) e 30% menor do que as não selecionadas (1,71).

4.2 Condições de avaliação do esquema dialélico parcial.

Para a variável RLC obtiveram-se valores médios de 2,19 e 2,09, sob condições de infestação artificial (Local 1) e natural (Local 2), respectivamente. Os coeficientes de variação foram de 31,5 e 19,7%; respectivamente. O maior valor de CV obtido no local 1 pode-se explicar pelo menor número de plantas avaliadas por tratamento: 5 plantas por parcela x 3 repetições, sendo que no local 2 foram avaliadas todas as plantas da parcela (aproximadamente 25 plantas) e em quatro repetições.

Estes valores de CV coincidem com os obtidos por outros autores em experimentos similares. Sob infestação artificial e usando uma escala visual de 0 a 9 para medição de danos de *Ostrinia nubilalis* em híbridos simples, Klenke et al. (1986) obtiveram CV de 27 e 29% para a primeira e segunda geração desta praga. Nishikawa (1999) avaliou linhagens S_1 e progênies de irmãos germanos provenientes de diferentes populações sob infestações artificiais de *S. frugiperda* e obteve CV entre 29 e 30%. Para esta mesma espécie e sob infestação natural, Lara et al. (1984) narraram CV de 20 a 40%, usando uma escala de notas de 0 a 5 em variedades comerciais de milho. Osuna et al. (1995) reportaram CV de 43% na medição de danos de *Helicoverpa zea* em infestação natural de famílias de meio - irmãos.

Os experimentos prévios de avaliação de materiais comerciais para seleção de testemunhas permitiram a eleição do híbrido Master como testemunha resistente e do híbrido Pioneer 3041 como testemunha suscetível. Posteriormente, nos experimentos em que entraram como testemunhas, Master apresentou valores de RLC de 2,10 e 1,84 sob infestação artificial e natural, respectivamente; e para Pioneer 3041 as médias obtidas foram de 2,4 e 3,6; respectivamente.

Para a variável PG (produtividade de grãos), a avaliação do local 1 teve que ser descartada devido à observação de um alto valor de CV (27%) indicando que os resultados não são confiáveis. Uma forte tempestade antes da

colheita causou o acamamento das plantas e complicou a colheita manual das espigas. Apresentam-se então os resultados da avaliação de PG nos locais 2 e 3, onde os valores médios foram de 4540 e 3648 kg/ha, respectivamente. As variáveis AP (altura de planta) e AE (altura de espiga) apresentaram médias de 200 e 117 cm, e 185 e 95 cm, nos locais 2 e 3 respectivamente.

4.3 Análise da testemunha intercalar

O híbrido Pioneer 3041 foi usado como testemunha intercalar por se caracterizar pela sua suscetibilidade a *S. frugiperda*, segundo os resultados da avaliação preliminar de híbridos comerciais. Uma fileira deste híbrido foi sistematicamente disposta a cada 15 fileiras, nos experimentos dos locais 1 e 2.

Na Tabela 10 se apresentam as médias, desvio padrão e coeficientes de variação das variáveis analisadas na testemunha intercalar.

Para a variável RLC, medida na testemunha intercalar, os coeficientes de variação foram de 26% e 29% sob infestação artificial e natural, respectivamente. Estes valores são de magnitude similar aos relatados por outros autores (Klenke et al., 1986; Lara et al., 1984). O CV da testemunha intercalar foi semelhante àquele do experimento sob infestação artificial (26% e 31,5%, respectivamente), e ainda maior àquele da avaliação em condições naturais (29 e 20%, respectivamente); portanto não foi vantajoso fazer correções nos tratamentos com base nos dados da testemunha intercalar.

A análise da testemunha intercalar permitiu obter valores de correlações entre as variáveis estudadas (Tabela 10). A correlação entre a RLC e PG apresentou valores negativos em ambos locais, segundo o esperado, mas em nenhum dos casos esta correlação foi estatisticamente significativa. Sob infestação artificial, obteve-se um valor de $r = -11,3\%$ ($t = 0,74$; $P = 0,46$), maior que sob condições naturais, onde foi de $r = -1,4\%$ ($t = 0,11$; $P = 0,92$). Apesar de não obter valores significativos, o maior valor de correlação no primeiro caso pode ser devido ao ataque que ocorreu no estágio fenológico de maior

suscetibilidade da cultura (6 a 8 folhas) tal como foram planejadas as infestações. Sob infestação natural, se bem o ataque foi mais prolongado já que implicou mais de uma geração da praga, o mesmo foi menos intenso no período de maior susceptibilidade, além de apresentar um nível algo menor de infestação (médias de 2,19 e 2,09; em condições artificiais e naturais, respectivamente).

A ausência de correlação entre os caracteres RLC e PG também se apresentou na análise do total de tratamentos (dados não apresentados). Este fato poderia ter sua explicação na presença de mecanismos de tolerância nos genótipos avaliados. A tolerância faz com que as plantas não tenham reduções na produção porém apresentem dano nas folhas. Este mecanismo é comum de se apresentar em materiais tropicais e subtropicais devido ao alto número de folhas e a baixa relação fonte/destino, o que têm maior expressão no caso das populações com menores níveis de melhoramento genético. Viana & Guimarães (1994a) demonstraram a presença de mecanismos de tolerância em populações do EMBRAPA. Kenkle et al. (1986) expõem a tolerância como a causa da ausência de correlação entre a produtividade e o dano nas folhas por *O. nubilalis* em um programa de seleção recorrente para resistência a esta espécie.

Tem-se que considerar que o uso do coeficiente de correlação simples (ρ) têm como pressuposto uma distribuição contínua binormal, tal que $E(\hat{\rho}) = 0$. No presente caso, tratando-se de um conjunto fixo de populações e seus respectivos híbridos, o coeficiente r foi utilizado apenas como medida de associação entre caracteres e não como estimativa de parâmetro populacional. Nestas circunstâncias, a sua eficiência como medida de associação é inferior em relação a um conjunto aleatório com distribuição binormal.

No Local 2, não se obtiveram correlações significativas entre RLC e as variáveis AP e AE. Nos locais 2 e 3, manifestara-se correlação positiva e estatisticamente significativa entre PG e AP, PG e AE, e AP e AE.

4.4 Análise da variância preliminar

As análises conjuntas dos diferentes ambientes foram possíveis de serem realizadas por se apresentar homogeneidade nas variâncias residuais dos ambientes considerados neste trabalho. Segundo o critério de Cruz e Regazzi (1994), não houve restrições para combinar os ambientes tal que os quadrados médios residuais dos diferentes experimentos não ultrapassaram uma relação de 7:1 em nenhuma das comparações. A máxima diferença se apresentou entre os quadrados médios residuais dos locais 1 e 2 para a variável RLC ($QM1(0,4751)/QM2(0,1694)=2,8$). Os resultados das análises da variância conjuntas se apresentam na tabela 15 para a variável RLC, na tabela 16 para a variável PG e na tabela 18 para as variáveis AP e AE.

Os resultados das análises da variância individuais se apresentam na tabela 17 para a variável PG nos locais 2 y 3; e na tabela 19 para as variáveis AP e AE nos locais 2 y 3. Nas tabelas 11, 12, 13 y 14 se apresentam as médias que foram utilizadas nestas análises, para RLC, PG, AP e AE, respectivamente.

4.4.1 Resistência à lagarta do cartucho (RLC)

As diferenças entre blocos dentro de ambientes foram significativas ($P<0,05$) na análise conjunta, explicadas pela significância no local 1 ($P<0,05$) (análise não apresentada). A significância do quadrado médio de blocos sob infestação artificial pode ser consequência do alto número de parcelas a infestar, de modo que os diferentes blocos foram infestados, e portanto avaliados, em dias diferentes e consecutivos. No ambiente de infestação natural as avaliações foram completadas em um mesmo dia.

A análise conjunta para a variável RLC mostrou diferenças significativas entre tratamentos e entre populações ($P<0,01$). As diferenças entre populações eram previsíveis considerando-se a avaliação de um grande número de genótipos, que representam diversas fontes de resistência, e os cruzamentos

entre eles. Existiram diferenças significativas entre testemunhas ($P < 0,01$), demonstrando a efetividade das condições de infestação para a discriminação entre genótipos. Os tratamentos e todos seus componentes, a exceção de (Pop. vs. Test.), não apresentaram interação significativa com o ambiente

As diferenças entre ambientes manifestaram-se estatisticamente significativas ($P < 0,01$), o que era de esperar tratando-se de duas condições diferentes de infestação, além de diferenças nas condições ambientais próprias de cada local que puderam afetar diferencialmente a manifestação da resistência. A não significância da interação testemunhas x ambiente expressa que, apesar dos diferentes níveis de ataque da praga que expressam as diferenças entre ambientes, o comportamento das testemunhas se manteve estável. Os valores médios de RLC da testemunha resistente e suscetível na análise conjunta foram de 1,97 e 3, na escala de notas de 0 a 5. Do mesmo modo, a não significância da interação populações x ambiente demonstra a ausência de um comportamento diferencial, e portanto confirma uma resposta estável, sob duas condições diferentes de infestação (natural e artificial).

Nos estudos de resistência a Lepidópteros, que envolvem a avaliação de danos nas folhas sob condições de infestação natural, estão envolvidos mecanismos de não-preferência para oviposição dos adultos (mariposas) e não-preferência para alimentação e/ou antibiose nos estágios larvais. Mas sob infestação artificial, não são considerados os mecanismos de não-preferência para oviposição dos adultos. Numerosos autores têm reportado a menor importância relativa destes últimos na determinação da resistência a *S. frugiperda* e a preponderância dos efeitos de antibiose e/ou não-preferência para alimentação que atuam nas larvas (Wiseman et al., 1981; Smith, 1982; Wiseman et al., 1983; Williams et al., 1989).

Portanto, os resultados do presente trabalho confirmam a importância da antibiose e/ou não-preferência para alimentação nos estágios larvais como mecanismos de resistência a *S. frugiperda*.

4.4.2 Produtividade de grãos (PG)

Na análise conjunta, a variável PG apresentou diferenças significativas ($P < 0,01$) entre tratamentos e populações, demonstrando a diversidade dos genótipos considerados. Ainda em ambos locais, tratamentos e populações tiveram diferenças significativas ($P < 0,01$). As diferenças entre ambientes foram altamente significativas, sendo o ambiente de Anhembi o que apresentou a maior produtividade média (4540 kg/ha). Os efeitos de interação tratamentos x ambiente e populações x ambiente foram estatisticamente significativos ($P < 0,01$). As testemunhas foram diferentes do ponto de vista estatístico ao nível de 0,059 na análise conjunta e não manifestaram interação significativa com o ambiente. Nas análises individuais, estas diferenças aparecem só no local 2 (Anhembi), onde o ambiente de avaliação permitiu uma melhor expressão da produtividade de grãos no híbrido Pioneer 3041 (6847 kg/ha).

4.4.3 Altura de planta (AP) e altura de inserção da espiga (AE)

As duas variáveis expressaram diferenças significativas entre tratamentos e populações ($P < 0,01$) na análise conjunta. Igualmente aos casos anteriores, as diferenças se explicam pela diversidade do germoplasma avaliado. As testemunhas comerciais não foram estatisticamente diferentes para AP e AE. Os ambientes foram diferentes ($P < 0,01$) para ambas variáveis.

Tanto AP como AE manifestaram interações significativas ($P < 0,01$) de tratamentos x ambientes e populações x ambientes, e nos dois locais houve diferenças significativas entre tratamentos e entre populações. Devido à alta correlação que existe entre estas variáveis (Tabela 10) e a concordância dos resultados das análises da variância preliminares, a partir daqui só será considerado o caráter AP para um estudo mais detalhado.

4.4.4 Índice de acamamento (IA) e Índice de quebramento (IQ)

As condições ambientais de ausência de ventos fortes nos experimentos dos locais 2 e 3 não permitiram a expressão destes caracteres. No local 1 se deram condições climáticas opostas que causaram o acamamento geral das plantas e não permitiram a medição destes caracteres. As médias de IA e IQ foram muito baixas (0,83% e 0,05 %, nos locais 2 e 3 respectivamente) e as diferenças estatísticas entre tratamentos foram não significativas nos dois locais e para as duas variáveis (dados não apresentados).

4.5 Análise do esquema dialélico parcial intergrupo

4.5.1 Resistência a lagarta do cartucho

4.5.1.1 Análise da variância

A análise da variância conjunta do esquema dialélico parcial para a variável RLC se apresenta na Tabela 20. Nesta análise obtiveram-se diferenças significativas ($P < 0,01$) entre grupos de populações, o que representa diferenças no nível geral de resistência entre as populações do NAP (Grupo 1) e as populações exóticas e semi-exóticas (Grupo 2). Tais diferenças foram a favor do grupo 2, tal que segundo se observa na Tabela 21, a estimativa para o desvio entre grupos foi de $d = 0,1622$. Os valores médios na análise conjunta foram de 2,34 e 1,98 para os grupos 1 e 2, respectivamente. A média do grupo 1 sem considerar Piranão foi de 2,31.

O maior nível geral de resistência do Grupo 2 se explica devido a que as populações do NAP representam um conjunto de materiais que não foram desenvolvidos sob seleção para resistência a *S. frugiperda*, a exceção das populações CMS14C, CMS23 e São José. Enquanto que o segundo grupo está constituído por populações que foram liberadas por sua resistência a *S.*

frugiperda, e/ou outras espécies de Lepidópteros, e cruzamentos deste tipo de genótipos com materiais adaptados.

A significância dos efeitos *per se* das populações (v_i e v_j) ($P < 0,01$) expressam diferenças nos níveis de resistência a lagarta do cartucho dentro de cada grupo de materiais. Os efeitos de heterose foram significativos ($P < 0,01$), explicados pela presença de heterose varietal no conjunto de materiais do NAP (h_i) e a presença de efeitos significativos de heterose específica (s_{ij}).

A não significância da heterose média ($\bar{h} = -1,04\%$, Tabela 20) e a significância da heterose de populações no Grupo 1, é indicativa de efeitos de dominância não unidirecional (Vencovsky e Barriga, 1992). De fato, as estimativas de heterose nos híbridos variaram de negativas ($-0,28\%$) a positivas (47%) nos híbridos N14 x E3 e N3 x E3, respectivamente (Tabela 22). A expressão da heterose para RLC em direção contrária em alguns cruzamentos pode ser atribuída à expressão de dominância em locus diferentes para diferentes mecanismos de resistência. Vencovsky & Barriga (1992) apresentam um exemplo similar para o caráter área da folha bandeira em cultivares de trigo.

Em todos os casos, a exceção de (Grupo 2 x ambiente), os efeitos de interação com o ambiente não foram estatisticamente significativos (Tabela 20). Como afirmaram Miranda Filho e Vencovsky (1984), a ausência de interação significativa com o ambiente permite fazer inferências gerais no que diz respeito à performance das populações, cruzamentos, heterose e componentes da heterose. Portanto, a seleção para RLC das melhores populações e cruzamentos pode ser feita com base no seu comportamento médio nos ambientes considerados nesta análise.

A tabela 29 mostra a contribuição relativa das fontes de variação, em termos das somas de quadrados, nas análises da variância conjunta do esquema dialélico parcial. Para a variável RLC, a variação devida aos efeitos de variedades foi de 32% e aquela de heterose foi de 68% . Esta última se explica principalmente pela heterose específica, que representou um 84% da heterose total.

Segundo Miranda Filho & Vencovsky (1984), mesmo que não seja possível separar os efeitos aditivos e dominantes na fonte de variação variedades (v_i), parece razoável aceitar que a dominância a nível interpopulacional é mais expressiva como fonte de variação do que a dominância intrapopulacional. A expressão significativa da heterose reforça a importância da ação gênica não aditiva no controle do caráter RLC. Porém, convém ressaltar a forte expressão da heterose específica (Tabela 20), o que leva a admitir também a presença de efeitos epistáticos.

Na literatura existem diversos relatos acerca da presença de genes de efeito aditivo na determinação da resistência a *S. frugiperda* (Widstrom et al., 1972; Williams et al., 1989, Widstrom et al., 1992; Welcker et al., 1994a, b), enquanto que outros autores demonstraram a presença de efeitos de dominância. Em avaliações sob infestação natural de linhagens endogâmicas em um modelo dialélico, Williams et al. (1978) reportaram quadrados médios significativos para capacidade geral e específica de combinação. Widstrom et al. (1993) estudaram cruzamentos entre populações subtropicais com resistência a lagarta do cartucho e encontraram efeitos de heterose média significativos e alguns cruzamentos com efeitos significativos para capacidade específica de combinação. Guimarães e Viana (1994a) avaliaram dez populações da EMBRAPA em um modelo dialélico sob infestação artificial e encontraram efeitos aditivos e não-aditivos condicionando a resistência. Em experimentos de laboratório, Williams et al. (1995) estudaram o peso de lagartas de *S. frugiperda* e *D. grandiosella* alimentadas com tecido proveniente de linhagens resistentes e suscetíveis e encontraram efeitos significativos de capacidade geral e específica de combinação para as duas espécies.

4.5.1.2 Estimativas de parâmetros componentes de médias

As estimativas de v_i , h_i e g_i , e v_j , h_j e g_j para RLC se apresentam na tabela 21. Na seleção de genótipos mais resistentes são desejáveis valores

negativos destes parâmetros, sendo que a escala de avaliação de danos por *S. frugiperda* esteve constituída por notas que vão de 0 (resistente) a 5 (suscetível).

Para o conjunto de populações do NAP, os materiais com maior nível de resistência per se (efeito v_i) foram N3 (CMS14C), N15 (PMI9302) e N9 (EPB2xEPB3Br). Este grupo apresentou heterose varietal significativa, sendo as populações N14 (Piranão), N7 (CMS61) e N4 (CMS23) as de menores valores de h_i .

Destaca-se o efeito h_i da população Piranão ($h_i = -0,25$). A alta heterose varietal deste material suscetível permite deduzir a presença de genes de efeito não aditivo para resistência nas populações do Grupo 2. A população N7 (CMS61), porém foi selecionada como resistente na avaliação preliminar, teve uma média de RLC semelhante àquela do Piranão. Também apresentou alta heterose varietal ($h_i = -0,24$), o que manifesta sua divergência genética respeito ao grupo 2.

A capacidade geral de combinação é representada pelos efeitos g_i e g_j , e são calculados por $g_i = (\frac{1}{2} v_i + h_i)$ e $g_j = (\frac{1}{2} v_j + h_j)$ (Geraldi e Miranda Filho, 1988).

As populações com maior capacidade geral de combinação (g_i) foram N4 (CMS23), N15 (PMI9302) e N18 (Tuxpeño amarelo).

CMS14C e CMS23 são populações desenvolvidas na EMBRAPA sob infestações artificiais de *S. frugiperda* e liberadas por seus bons níveis de resistência. Os resultados do presente trabalho permitem identificar germoplasma que constituem fontes de resistência com performance semelhante às mencionadas.

No caso das populações do grupo 2, dois materiais do CIMMYT, E1 (MIRT) e E2 (PR91B), apresentaram os maiores valores de resistência per se (menor v_j). Os efeitos de heterose varietal do grupo 2 (h_j) foram não significativos. Portanto, para o caráter de resistência, a discriminação do

potencial genético das populações exóticas e semi-exóticas deveria fundamentar-se somente nos efeitos v_j .

A população MIRT (*Multiple Insect Resistance for Tropical Regions*) foi desenvolvida pelo CIMMYT (Smith et al., 1989) e liberada por sua resistência a diversas espécies de Lepidópteros (*O. nubilalis*, *D. grandiosella*, *D. saccharalis* e *S. frugiperda*). Os autores incorporaram diversas fontes de resistência em germoplasma adaptado a regiões tropicais. PR91B é um material desenvolvido no CIMMYT (Colômbia) com resistência a *S. frugiperda*.

Na tabela 22 aparecem as estimativas de heterose específica (s_{ij}) e de heterose em percentagem da média dos pais, para o caráter RLC. Os cruzamentos interpopulacionais que resultaram com maior heterose específica foram: N9 (ESALQPB2 x ESALQPB3Br) x E3 (B95 x Ituiutaba), N12 (MEB) x E1 (MIRT), N17 (PMI9401) x E4 (B97 x Ituiutaba) e N18 (São José) x E1 (MIRT). Os mesmos superaram a média dos pais em 20, 23, 9 e 27%, respectivamente. Os cruzamentos antes mencionados resultaram mais resistentes do que a testemunha resistente, com menores valores de RLC em 21%, 20%, 8% e 28%, respectivamente (Tabela 11).

N14 (Piranão) manifestou heterose específica negativa em cinco dos nove cruzamentos com as populações do grupo 2. Estes valores, junto com a alta heterose varietal de N14, contribuem para confirmar a presença de efeitos não aditivos para o caráter resistência à lagarta.

4.5.2 Produtividade de grãos

4.5.2.1 Análise da variância

A análise conjunta do caráter PG (Tabela 23) não mostrou diferenças significativas entre grupos. As médias foram de 3514 e 2985 kg/ha para os grupos 1 e 2, respectivamente. No entanto, em ambos casos houve diferenças significativas entre populações dentro de grupos ($P < 0,01$). As produtividades de

grãos mínimas e máximas corresponderam a BAIII Tusón (1931 kg/ha) e PMI9401 (4894 kg/ha) para o grupo 1, e Pop. 58 (1762 kg/ha) e PR91B (3859 kg/ha) para o grupo 2.

A baixa produtividade de BAIII Tusón pode se explicar em parte pela sua suscetibilidade a doenças (Miranda Filho et al.) ¹, que determinou a baixa produtividade no local de Anhembi. Por sua parte, a População 58, devido a sua baixa adaptação, teve baixa PG em ambos os locais.

Os efeitos de heterose foram todos significativos ($P < 0,01$), destacando-se a componente de heterose média. Esta componente representou 1051 e 822 kg/ha, nos locais 2 e 3 respectivamente (Tabela 24), o que significou um incremento médio nos cruzamentos de 22% em relação à média dos pais.

Os efeitos de interação com o ambiente mostraram significância ($P < 0,01$) em todos os casos, a exceção da componente entre grupos x ambiente e heterose específica x ambiente. A presença de interação significativa com o ambiente faz com que não seja possível tirar conclusões gerais dos diferentes efeitos para os ambientes aqui avaliados. A seleção das melhores populações e cruzamentos deve ser feita em forma individual para cada um dos locais (Piracicaba e Anhembi).

No que se refere à importância relativa de cada parâmetro como fonte de variação (Tabela 29), os efeitos de variedades e heterose expressaram 47% e 53% da soma de quadrados de populações, respectivamente. Da heterose total, a heterose média representou um 42% e a específica 45%.

Os valores obtidos concordam com aqueles apresentados por Miranda Filho e Vencovsky (1984). Da soma de quadrados para populações, as componentes de variedades e heterose representaram cerca de 50% cada uma, em dois conjuntos de materiais. Santos et al. (1994) reportaram valores de 37% para efeitos de variedades e 63% para efeitos de heterose total, e destes últimos 3%, 6% e 54% foram explicados pelos efeitos de heterose média, heterose varietal e heterose específica, respectivamente.

¹ MIRANDA FILHO, J. B.; NASS, L. L.; SANTOS, M. X.; REGITANO NETO, A. **Avaliação de acessos de milho para a resistência a doenças foliares**: informe do NAP-Milho. Piracicaba: Núcleo de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo, 1997. 22 p.

4.5.2.2 Estimativas de parâmetros componentes de médias

As estimativas v_i , h_i , g_i e v_j , h_j e g_j da variável PG se apresentam na Tabela 24, em forma individual para os locais 2 e 3, dados os efeitos de interação significativos (Tabela 23).

Para as populações do NAP no local 2 (Anhembi), os maiores efeitos *per se* das populações (v_i) foram exibidos por N17 (PMI9401), N5 (CMS 454), N9 (ESALQPB2 x ESALQPB3Br), N18 (São José) e N12 (MEB). Os maiores efeitos de heterose varietal (h_i) se manifestaram em N14 (Piranão), N20 (WP12), N1 (BAIII Tusón), N11 (Iubatã) e N3 (CMS14C). BAIII Tusón e Piranão tiveram baixos níveis de produtividade média (1931 e 2114 kg/ha, respectivamente), sendo a primeira suscetível a doenças (segundo se explicou anteriormente) e a segunda, suscetível à lagarta e de baixa produtividade *per se*, o que se manifestou em ambos locais (com e sem ataque da praga). Tais baixos níveis de produtividade nas populações genitoras fizeram com que se apresentaram altos níveis de heterose na média dos seus cruzamentos. N20 (WP12), N3 (CMS14C) e N17 (PMI9401) apresentaram os maiores valores de capacidade geral de combinação (g_i) para produtividade de grãos no local 2.

No local 2, os maiores efeitos *per se* dentre as populações exóticas e semi-exóticas (v_j) se manifestaram em E4 (B97 x Ituiutaba), E2 (PR91B), E6 (Madre de Dios 47 x ESALQPB1) e E8 (Cuba110 x ESALQPB1). E3 (B95 x Ituiutaba), E5 (Pop. 58) e E4 (B97 x Ituiutaba) tiveram os maiores valores de heterose varietal (h_j). A População 58 (E5) teve baixa produtividade média (1697 kg/ha) neste local. A capacidade geral de combinação foi maior em E4 (B97 x Ituiutaba), E8 (Cuba 110 x ESALQPB1), E2 (PR91B) e E3 (B95 x Ituiutaba).

No local 3 (Piracicaba), as populações do NAP com maiores efeitos v_i foram N17 (PMI9401), N18 (São José), N5 (CMS454) e N8 (ESALQPB2 x ESALQPB3Am). Os maiores h_i se manifestaram em N10 (Guatemala), N14 (Piranão) e N13 (PHI DMR4). Os três materiais anteriores tiveram baixa

produtividade neste local: 2670, 1989 e 2170 kg/ha, respectivamente. N17 (PMI9401), N5 (CMS454), N18 (São José) e N20 (WP12) expressaram as maiores capacidades gerais de combinação (g_i).

Para os materiais exóticos e semi-exóticos no local 3, E8 (Cuba110 x ESALQPB1), E2 (PR91B), E7 (Cuba113 x ESALQPB1) e E4 (B97 x Ituiutaba) manifestaram os maiores v_j ; E3 (B95 x Ituiutaba), E5 (Pop. 58) e E1 (MIRT) os maiores h_j ; e E8 (Cuba110 x ESALQPB1), E4 (B97 x Ituiutaba), E2 (PR91B) e E7 (Cuba113 x ESALQPB1) os maiores g_j .

As maiores heteroses varietais foram para N14 (Piranão), N20 (WP12) e E3 (B95 x Ituiutaba) no local 2, e para N10 (Guatemala) e E3 no local 3. Estes valores demonstram que tais populações são as de maior divergência genética com respeito àquelas do grupo contrário.

Os cruzamentos que manifestaram maior heterose específica (s_{ij}) na análise conjunta de ambos locais (Tabela 25), foram N2 x E1 (Caribeño DMR x MIRT), N3 x E4 (CMS14C x B97xltuiutaba), N14 x E1 (Piranão x MIRT) e N19 x E4 (Tuxpeño amarelo x B97xltuiutaba). Os mesmos superaram a média dos pais em 43, 54, 101 e 44%, respectivamente. Somente o cruzamento N3 x E4 (CMS14C x B97xltuiutaba) superou na sua produtividade média (5677 kg/ha) à média das testemunhas comerciais (5474 kg/ha) (Tabela 12).

Dos 180 híbridos avaliados, somente cinco expressaram PG com heterose negativa respeito à média dos pais. Em geral, as pesquisas têm demonstrado heterose positiva em relação à média dos pais para produtividade de grãos em cruzamentos intervarietais de milho (Hallauer & Miranda Filho, 1988). Os autores antes mencionados fizeram um resumo de 47 trabalhos independentes que involucraram 611 variedades diferentes e obtiveram uma média de 19,5% para a heterose respeito à média dos pais. A diversidade de origens das populações cruzadas no presente trabalho determinou um alto nível de divergência nas suas frequências gênicas e portanto um bom nível de resposta heterótica. Esta resposta se manifestou, por exemplo, em um valor médio de 31% de heterose em relação à média dos pais.

4.5.3 Altura de planta

4.5.3.1 Análise da variância

A análise da variância conjunta do esquema dialélico parcial para o caráter AP é mostrado na Tabela 26. Se encontraram diferenças significativas entre populações ($P < 0,01$) e entre grupos ($P < 0,05$). Também se apresentaram diferenças significativas para os grupos 1 e 2, e para os efeitos de heterose e todos seus componentes ($P < 0,01$). Para os efeitos de interação, a fonte populações x ambiente foi significativa, mas somente os efeitos de interação grupo 1 x ambiente foram significativos ($P < 0,01$).

Os grupos 1 e 2 manifestaram médias gerais de 188 e 186 cm, respectivamente. No conjunto das populações do NAP, o caráter AP variou de 162 cm (N19) a 234 cm (N12). As médias mencionadas não incluem N14 (Piranão). Nos materiais exóticos e semi-exóticos, a população E7 (Cuba 113 x ESALQPB1) teve o máximo valor de AP (221 cm) e E5 (Pop. 58) foi a de menor altura (148 cm).

A contribuição relativa das fontes de variação (Tabela 29) demonstra que os efeitos de variedades explicaram 78% da soma de quadrados de populações e os efeitos de heterose 22%. Para estes últimos, a heterose específica foi a mais importante (61%), seguida da heterose varietal (28%) e a heterose média (11%). A magnitude dos efeitos heteróticos foi relativamente baixa, o que permite supor um baixo nível de dominância para AP, dado que é esperável certo nível de divergência nas frequências gênicas das populações.

Baixas respostas heteróticas para AP em cruzamentos intervarietais de milho têm sido reportadas por outros autores (Barriga e Vencovsky, 1973; Souza Jr., 1981; Miranda Filho & Vencovsky, 1984). Resultados de Castro et al. (1968) mostraram efeitos aditivos para AP que representaram um 79% da variação total.

4.5.3.2 Estimativas de parâmetros componentes de médias

Na tabela 27 são apresentados os valores dos parâmetros v_i , h_i , g_i e v_j , h_j e g_j , correspondentes à análise conjunta de AP nos locais 2 e 3. Em geral, são desejáveis valores negativos destes parâmetros se a seleção for dirigida para plantas mais baixas.

Os efeitos varietais do grupo 1 (v_i) tiveram interação significativa com o ambiente. Na análise conjunta os menores v_i se apresentaram em N14 (Piranão), N19 (Tuxpeño amarelo) e N4 (CMS23), que também tiveram valores negativos em ambos locais. Os efeitos de heterose varietal (h_i) foram menores em N6 (CMS55 PH4), N20 (WP12), N10 (Guatemala) e N15 (PMI9302); e os menores g_i se apresentaram nas populações N19 (Tuxpeño amarelo), N10 (Guatemala), N2 (Caribeño DMR), N5 (CMS454) e N16 (PMI9306).

Os parâmetros v_j , h_j e g_j não manifestaram interação significativa com o ambiente. Os menores v_j foram para E5 (Pop. 58), E1 (MIRT) e E3 (B95 x Ituiutaba); e os menores h_j para E2 (PR91B), E9 (Libertad 179 x ESALQPB1) e E7 (Cuba113 x ESALQPB1). As populações E1 (MIRT), E5 (Pop. 58), E2(PR91B) e E9(Libertad179 x ESALQPB1) apresentaram os menores g_j .

Na tabela 28 se apresentam as estimativas de s_{ij} para AP na análise conjunta. Os menores valores foram para N17 (PMI9401) x E1 (MIRT), N18 (São José) x E6 (Madre de Dios 47 x ESALQPB1), N20 (WP12) x E2 (PR91B) e N15 (PMI 9302) x E4 (B97 x Ituiutaba), com valores de heterose respeito à média dos pais de 8%, 2%, 12% e 6%, respectivamente.

4. 6 Seleção de populações

A heterose intervietal pode ser diretamente utilizada na primeira geração do cruzamento entre duas variedades. As populações genitoras de cruzamentos heteróticos podem ser utilizadas como fontes de linhagens endogâmicas para a obtenção de híbridos (Miranda Filho e Vencovsky, 1984).

Por outro lado, a síntese de compostos pelo intercruzamento de n variedades constitui outra forma de fazer uso da heterose, devido ao fato que é esperado que $(n-1) / n$ da heterose média dos cruzamentos seja retida no composto em equilíbrio (Miranda Filho e Vencovsky, 1984).

No presente trabalho se encontraram altos efeitos de heterose para as variáveis RLC e PG que, a partir da seleção dos melhores cruzamentos, podem ser aproveitados segundo os conceitos dos autores antes citados. Também foram encontrados efeitos varietais para ambos caracteres, que junto com os efeitos de heterose, podem ser aproveitados no desenvolvimento de programas de seleção recorrente interpopulacional.

Os caracteres RLC e PG não apresentaram correlação significativa, portanto a seleção das melhores populações não pode ser feita somente com base na sua produtividade e ambas variáveis devem ser consideradas.

Por sua performance em cruzamentos para RLC, se recomenda a seleção das populações N4 (CMS23), N15 (PMI9302) e N18 (São José) do grupo 1 e E1 (MIRT) e E2 (PR91B) do grupo 2. O bom nível de resistência dos híbridos em que participam estas populações se explica pelos seguintes fatores: N4, N15 e N18 tiveram os melhores valores de g_i no grupo 1, E1 e E2 apresentaram os maiores valores de resistência *per se* (v_j) no grupo 2, sendo h_j não significativo (Tabela 21).

No que diz respeito à performance para o caráter PG das populações antes selecionadas e dada a significância da interação genótipos x ambiente desta variável, é conveniente fazer uma análise separada para cada local. No local 2, N4 (CMS23) não teve boa capacidade geral de combinação para PG, no entanto N15 (PMI 9302) e N18 (São José) apresentaram bons níveis de g_i . Dentre as populações do grupo 2, E1 (MIRT) teve baixa performance para g_j e E2 (PR91B) resultou entre os melhores para este parâmetro. No local 3, dentre as populações selecionadas se destacaram N18 e E2 por seus valores de capacidade geral de combinação, sendo N4 e E1 a de menor performance

Para o caráter AP, N15 (PMI 9302) e E2 (PR91B) apresentaram valores negativos de capacidade geral de combinação, que seriam favoráveis para a seleção de plantas de menor altura.

Finalmente, considerando o comportamento geral em cruzamentos para produtividade de grãos, N4 (CMS23) e E1 (MIRT) devem ser descartadas dentre as populações selecionadas para RLC. Portanto, N15 (PMI 9302), N18 (São José) e E2 (Pr91B) revelaram-se como as populações mais promissoras para sua incorporação a programas de melhoramento de milho dado o bom nível de resistência a lagarta do cartucho e boas características agronômicas.

Por outro lado, foram selecionados dois híbridos que manifestaram altos efeitos de heterose específica para RLC e PG: N17 (PMI9401) x E8 (Cuba 110 x ESALQ PB1) e N18 (São José) x E1 (MIRT). As heteroses em relação à média dos pais destes híbridos foram -9% e -27% para RLC e 26% e 24% para PG, respectivamente. Estes híbridos resultaram interessantes para a exploração da heterose no desenvolvimento de populações base de programas de seleção recorrente recíproca ou a sua utilização direta na derivação de linhagens.

4.7 Considerações finais

A estratégia de seleção dos dois grupos de populações genitoras para a realização deste trabalho se resumiu em: a) seleção de 20 populações a partir da avaliação de 113 populações previamente estudadas pelo NAP-Milho, b) introdução de 9 populações semi/exóticas com histórico de resistência a lagarta do cartucho. A estratégia mostrou-se eficiente porque permitiu, com segurança, a identificação das melhores populações e híbridos para serem utilizados como populações base ou para a síntese de novas populações a serem utilizadas em programas de seleção recorrente.

As avaliações de resistência a lagarta do cartucho sob condições de infestação artificial implicam um maior custo e trabalho de campo que as

avaliações sob condições naturais. No entanto, constituem a única alternativa no caso de não dispor de um ambiente favorável de infestação natural da praga, como o ambiente de Anhembi.

A não significância da interação genótipo x ambiente para RLC aqui reportada, permite deduzir os mesmos resultados a partir de selecionar sob infestação artificial no local de Piracicaba ou sob infestação natural no local de Anhembi. Desta forma, torna-se mais viável a implantação de um programa de melhoramento de milho para resistência à lagarta do cartucho, já que podem ser plantadas em Anhembi linhas de observação das progênies a selecionar, sem necessidade de enfrentar os custos econômicos e o maior trabalho das infestações artificiais.

No caso de obter ausência de correlação entre RLC e PG como neste trabalho, sugere-se uma seleção combinada dos dois caracteres, dando maior importância ao caráter produtividade de grãos.

No item anterior foi proposta a formação de compostos a partir das populações selecionadas. No entanto, a predição de médias de compostos não é possível a partir de um esquema de cruzamentos dialélico parcial. Esta metodologia só torna possível a estimação do valor genético das populações ou variedades através da capacidade geral de combinação, e a seleção de materiais com base neste parâmetro. Para a futura síntese de compostos e devido ao elevado número de compostos possíveis [n° de compostos = $2n - (n+1)$], se faz necessária a implementação de alguma metodologia para predição de médias.

Alguns métodos de predição foram desenvolvidos com base na predição em função das médias de variedades e da heterose nos cruzamentos (Miranda Filho, 1974), seleção preliminar de variedades genitoras (Miranda Filho & Chaves, 1992) e predição com base em top-cross intragrupo (Chaves & Miranda Filho, 1993, 1997). Esta última metodologia substitui o esquema de cruzamentos dialélicos das variedades genitoras, pelo cruzamento das

variedades com uma mistura de pólen das mesmas, aumentando sensivelmente a eficiência da avaliação por unidade de área experimental.

Pode-se acrescentar ainda que, com os resultados disponíveis neste trabalho é possível fazer predição de médias de híbridos de compostos ou C1 x C2, sendo C1 um composto de tamanho k ($k = 2, 3 \dots 20$) do Grupo 1 e C2 um composto de tamanho k' ($k' = 2, 3 \dots 9$) do Grupo 2 (Hallauer & Miranda Filho, 1995). O número possível de pares de compostos é $N = (2^{20} - 21) (2^9 - 10) = 526.374.610$. Devido ao grande número de predições, sugere-se uma seleção prévia em cada grupo com base nos valores de g_i e g_j , conforme recomendaram Miranda Filho e Chaves (1992). Por exemplo, selecionando-se quatro populações de cada grupo o número de pares de compostos possíveis se reduz a $N = 121$.

5 CONCLUSÕES

* O caráter RLC não apresentou interação genótipo x ambiente significativa, o que possibilitou a seleção de populações segundo a média das infestações naturais e artificiais e ressaltou a importância da antibiose e/ou não preferência para alimentação das larvas como mecanismos envolvidos neste caráter, em detrimento da não preferência dos adultos para oviposição.

* Os resultados obtidos em relação a RLC permitem obter conclusões semelhantes para avaliações sob infestação artificial e infestação natural no local de Anhembi.

* Os efeitos genéticos aditivos e não aditivos revelados para a variável resistência à lagarta do cartucho manifestam a viabilidade da implementação de programas de seleção recorrente intra ou interpopulacional.

* Os efeitos genéticos de aditividade e dominância revelados para o caráter produtividade de grãos, e efeitos de aditividade para o caráter altura de planta, são corroborados por relatos de outros autores acerca da base genética destes caracteres.

* Nos dois conjuntos de populações estudadas (populações pertencentes ao germoplasma brasileiro e populações exóticas e semi-exóticas) existem materiais de boa performance, *per se* e em cruzamentos, que as tornam promissores para incorporação em programas de melhoramento.

ANEXOS

Tabela 9. Médias da variável RLC ⁽¹⁾, nas populações do NAP selecionadas como mais resistentes na avaliação preliminar sob infestação artificial.

Código	População	CLR	Código	CLR	
N1	BAIII Tusón	1,15	N12	MEB	1,26
N2	Caribeño DMR	1,20	N13	PHI DMR 4	1,35
N3	CMS 14C	1,05	N14	Piranão VD2 (suscetível)	---
N4	CMS 23	1,16	N15	PMI 9302	1,10
N5	CMS 454	1,05	N16	PMI 9306	1,25
N6	CMS 55 PH4	1,20	N17	PMI 9401	1,25
N7	CMS 61	1,20	N18	São José	1,37
N8	ESALQ PB2x3 Amarelo	1,25	N19	Tuxpeño amarelo	1,35
N9	ESALQ PB2x3 Branco	1,20	N20	WP 12	1,10
N10	GUATEMALA	1,30	T _R	Testemunha resistente	1,02
N11	IUBATÃ	1,05	T _S	Testemunha suscetível	2,61

Coeficiente de variação médio: 30%

⁽¹⁾ segundo nível de dano em escala de notas de 0 a 5 (Carvalho, 1970)

Tabela 10. Parâmetros estatísticos obtidos da análise da testemunha intercalar, nos Locais 1, 2 e 3.

	Local 1		Local 2			Local 3		
	RLC	AP	AE	RLC	PG	AP	AE	PG
Média	2,86	192,0	104,4	2,32	6090	176	82	4383
Desvio padrão	0,75	11,94	9,01	0,67	846,03	10,76	8,23	745,3
Coef. Variação (%)	26,18	6,22	8,63	28,92	13,89	6,11	10,03	17,00
Coeficientes de correlação (%)								
Local 1			Local 2			Local 3		
$r_{PG,RLC} =$	-11,3		$r_{AP,AE} =$	83,8		$r_{AP,AE} =$	78,02	
			$r_{AP,RLC} =$	0,37		$r_{AP,PG} =$	45,42	
			$r_{AP,PG} =$	23,40		$r_{AE,PG} =$	35,16	
			$r_{AE,RLC} =$	-12,53				
			$r_{AE,PG} =$	44,10				
			$r_{RLC,PG} =$	-1,37				

Tabela 11. Médias da variável RLC segundo nível de dano em escala de 0 a 5 (Carvalho, 1970) no local 1 (L1: Piracicaba, SP) sob infestação artificial e no local 2 (L2: Anhembi, SP) sob infestação natural.

Popu- lação	RLC		Popu- lação	RLC		Popu- lação	RLC		Popu- lação	RLC	
	L1	L2		L1	L2		L1	L2		L1	L2
N1	2,50	2,48	E8	2,48	2,38	N3xE8	1,90	2,42	N6xE8	1,50	2,31
N2	2,69	2,54	E9	2,13	1,98	N3xE9	2,31	2,19	N6xE9	2,83	2,31
N3	1,69	1,84	N1xE1	2,85	1,79	N4xE1	2,65	2,12	N7xE1	2,15	2,15
N4	2,15	2,05	N1xE2	1,90	1,75	N4xE2	1,15	1,87	N7xE2	1,85	2,65
N5	2,35	2,16	N1xE3	1,73	1,71	N4xE3	1,29	2,16	N7xE3	2,33	1,80
N6	2,79	2,52	N1xE4	2,41	2,16	N4xE4	2,16	1,93	N7xE4	2,56	2,11
N7	3,54	2,49	N1xE5	2,42	2,30	N4xE5	1,90	1,60	N7xE5	1,63	2,34
N8	2,06	2,12	N1xE6	2,42	1,68	N4xE6	2,04	1,78	N7xE6	1,90	2,29
N9	1,77	2,04	N1xE7	2,06	1,46	N4xE7	1,48	1,69	N7xE7	2,46	2,48
N10	2,24	2,26	N1xE8	2,56	2,27	N4xE8	1,46	2,06	N7xE8	2,73	2,31
N11	2,65	2,32	N1xE9	1,87	2,23	N4xE9	2,25	2,03	N7xE9	2,19	2,38
N12	2,83	2,02	N2xE1	1,90	1,93	N5xE1	1,32	2,06	N8xE1	2,21	2,08
N13	1,87	2,35	N2xE2	2,04	2,08	N5xE2	2,04	2,15	N8xE2	1,92	1,75
N14	3,38	2,51	N2xE3	1,60	1,95	N5xE3	1,18	2,10	N8xE3	2,42	2,10
N15	1,88	1,69	N2xE4	1,83	2,28	N5xE4	1,98	1,95	N8xE4	2,13	2,56
N16	2,54	2,08	N2xE5	2,06	2,26	N5xE5	2,04	1,90	N8xE5	1,50	1,91
N17	1,56	2,51	N2xE6	2,60	2,21	N5xE6	2,42	2,66	N8xE6	2,33	1,86
N18	2,54	2,00	N2xE7	2,13	1,92	N5xE7	1,77	1,87	N8xE7	3,42	2,19
N19	2,92	2,15	N2xE8	2,60	2,18	N5xE8	2,65	2,17	N8xE8	2,25	1,99
N20	2,15	2,11	N2xE9	2,71	2,55	N5xE9	2,31	2,30	N8xE9	2,88	2,49
E1	1,44	1,87	N3xE1	1,19	2,23	N6xE1	2,00	2,15	N9xE1	2,21	2,03
E2	1,71	1,72	N3xE2	1,25	2,04	N6xE2	1,71	2,33	N9xE2	2,35	2,35
E3	2,29	1,66	N3xE3	3,31	2,17	N6xE3	2,13	2,20	N9xE3	1,37	1,72
E4	1,81	2,07	N3xE4	2,46	2,12	N6xE4	2,77	2,20	N9xE4	2,15	1,84
E5	1,83	2,13	N3xE5	1,85	1,84	N6xE5	2,73	2,40	N9xE5	1,94	2,10
E6	2,08	1,92	N3xE6	2,54	2,08	N6xE6	2,31	2,23	N9xE6	2,35	2,12
E7	2,08	2,11	N3xE7	1,44	1,87	N6xE7	2,06	1,67	N9xE7	1,58	1,83

Tabela 11. Médias da variável RLC segundo nível de dano em escala de 0 a 5 (Carvalho, 1970) no local 1 (L1: Piracicaba, SP) sob infestação artificial e no local 2 (L2: Anhembi, SP) sob infestação natural.

Popu- lação	RLC		Popu- lação	RLC		Popu- lação	RLC		Popu- lação	RLC	
	L1	L2		L1	L2		L1	L2		L1	L2
N9xE8	2,17	1,87	N12xE8	2,52	1,77	N15xE8	1,96	2,22	N18xE8	1,84	2,06
N9xE9	3,11	2,47	N12xE9	3,19	2,46	N15xE9	1,81	1,98	N18xE9	2,50	1,89
N10xE1	2,71	2,47	N13xE1	2,65	1,77	N16xE1	1,98	1,70	N19xE1	1,70	2,21
N10xE2	1,75	2,17	N13xE2	2,38	1,95	N16xE2	1,98	2,17	N19xE2	2,17	2,08
N10xE3	1,75	2,17	N13xE3	2,17	2,21	N16xE3	2,46	2,37	N19xE3	1,58	2,06
N10xE4	2,60	2,15	N13xE4	2,02	2,06	N16xE4	1,85	2,22	N19xE4	2,71	2,24
N10xE5	1,88	2,23	N13xE5	1,73	2,03	N16xE5	1,20	2,07	N19xE5	2,21	1,86
N10xE6	2,42	2,25	N13xE6	2,54	2,31	N16xE6	2,65	2,10	N19xE6	2,52	1,75
N10xE7	1,63	1,88	N13xE7	3,08	2,45	N16xE7	1,39	1,92	N19xE7	1,79	1,82
N10xE8	1,81	1,97	N13xE8	2,08	2,08	N16xE8	2,77	2,19	N19xE8	2,67	1,93
N10xE9	2,44	1,90	N13xE9	3,13	2,25	N16xE9	2,21	1,92	N19xE9	2,71	2,21
N11xE1	2,33	2,13	N14xE1	2,00	2,03	N17xE1	2,56	1,92	N20xE1	2,23	1,99
N11xE2	3,06	1,82	N14xE2	2,06	1,98	N17xE2	3,10	2,26	N20xE2	2,13	2,20
N11xE3	1,39	2,07	N14xE3	1,88	1,66	N17xE3	2,81	2,60	N20xE3	2,21	2,17
N11xE4	2,00	2,07	N14xE4	2,42	1,73	N17xE4	1,35	2,27	N20xE4	1,85	2,03
N11xE5	1,40	2,17	N14xE5	2,06	2,57	N17xE5	2,63	1,84	N20xE5	1,72	1,93
N11xE6	2,13	1,88	N14xE6	3,13	2,15	N17xE6	2,23	2,38	N20xE6	3,15	2,50
N11xE7	2,77	2,24	N14xE7	2,58	1,94	N17xE7	2,92	1,94	N20xE7	2,52	2,53
N11xE8	2,35	2,10	N14xE8	2,46	2,12	N17xE8	2,15	1,93	N20xE8	2,40	1,77
N11xE9	2,15	1,96	N14xE9	2,63	2,00	N17xE9	2,83	2,53	N20xE9	2,27	2,02
N12xE1	1,11	2,04	N15xE1	1,03	1,88	N18xE1	1,21	1,64	T _R	2,10	1,84
N12xE2	1,98	1,91	N15xE2	2,06	2,17	N18xE2	2,21	2,06	T _S	3,60	2,39
N12xE3	1,77	1,98	N15xE3	2,27	2,06	N18xE3	2,08	2,06	DMS	1,10	0,57
N12xE4	1,92	2,29	N15xE4	2,42	1,94	N18xE4	2,13	1,77			
N12xE5	1,48	1,94	N15xE5	1,85	1,82	N18xE5	1,61	2,04			
N12xE6	3,04	2,28	N15xE6	2,63	1,67	N18xE6	2,94	2,10			
N12xE7	1,99	2,22	N15xE7	1,31	1,82	N18xE7	2,15	1,90			

T_R : Testemunha resistente

T_S : Testemunha suscetível

DMS : diferença mínima significativa à probabilidade de P<0,05

Tabela 12. Médias da variável PG (kg/ha) no local 2 (L2: Anhembi, SP) e no local 3 (L3: Piracicaba, SP).

Popu- lação	PG		Popu- lação	PG		Popu- lação	PG		Popu- lação	PG	
	L2	L3		L2	L3		L2	L3		L2	L3
N1	1847	2015	E8	3864	3722	N3xE8	5450	3737	N6xE8	4830	3974
N2	3081	3307	E9	3056	1874	N3xE9	5131	3844	N6xE9	3800	3589
N3	4236	3111	N1xE1	4003	3104	N4xE1	4208	3422	N7xE1	4589	3567
N4	3656	2811	N1xE2	4081	2459	N4xE2	4525	4533	N7xE2	4436	4089
N5	5031	3896	N1xE3	4772	3215	N4xE3	5194	3593	N7xE3	4800	3300
N6	3374	3033	N1xE4	4244	3778	N4xE4	5131	3541	N7xE4	5031	3874
N7	3558	3363	N1xE5	3550	2933	N4xE5	3404	3226	N7xE5	4308	3252
N8	4011	3700	N1xE6	4242	3433	N4xE6	3992	3141	N7xE6	4481	4452
N9	4769	3437	N1xE7	3861	3389	N4xE7	4408	4333	N7xE7	4585	4693
N10	3814	2670	N1xE8	4544	4333	N4xE8	3956	3196	N7xE8	4556	4270
N11	3714	3304	N1xE9	3378	2359	N4xE9	3825	3522	N7xE9	3537	3833
N12	4603	3126	N2xE1	4089	4356	N5xE1	4547	3970	N8xE1	4308	4044
N13	2894	2170	N2xE2	4292	3326	N5xE2	4561	4030	N8xE2	5133	4578
N14	2239	1989	N2xE3	3603	3859	N5xE3	5203	3844	N8xE3	5272	2963
N15	4111	3156	N2xE4	5142	4026	N5xE4	5331	4374	N8xE4	5108	4867
N16	4469	2848	N2xE5	3169	3493	N5xE5	4947	3915	N8xE5	3767	3981
N17	5217	4570	N2xE6	3236	2619	N5xE6	4817	4467	N8xE6	4628	3178
N18	4756	4304	N2xE7	3389	3093	N5xE7	4414	3933	N8xE7	4275	3804
N19	4114	3356	N2xE8	4258	3222	N5xE8	5492	5133	N8xE8	5069	3930
N20	4350	3378	N2xE9	3372	2593	N5xE9	4592	3726	N8xE9	4164	3374
E1	2953	2433	N3xE1	4925	4485	N6xE1	3969	3019	N9xE1	5019	3948
E2	4050	3667	N3xE2	5125	3352	N6xE2	4628	3633	N9xE2	5186	4489
E3	2333	1519	N3xE3	4961	3304	N6xE3	4700	4085	N9xE3	3967	3133
E4	4342	3089	N3xE4	6769	4585	N6xE4	5558	3974	N9xE4	5625	3493
E5	1697	1826	N3xE5	4081	2574	N6xE5	4814	3400	N9xE5	4486	3256
E6	4042	2515	N3xE6	4922	4206	N6xE6	4339	4244	N9xE6	4733	3344
E7	3489	3256	N3xE7	4847	3604	N6xE7	4283	4230	N9xE7	4239	3659

Tabela 12. Médias da variável PG (kg/ha) no local 2 (L2: Anhembi, SP) e no local 3 (L3: Piracicaba, SP).

Popu- lação	PG		Popu- lação	PG		Popu- lação	PG		Popu- lação	PG	
	L2	L3		L2	L3		L2	L3		L2	L3
N9xE8	5192	4033	N12xE8	4756	4185	N15xE8	5492	5133	N18xE8	5031	4556
N9xE9	4689	2996	N12xE9	4556	3174	N15xE9	4592	3726	N18xE9	4211	3326
N10xE1	4683	3330	N13xE1	4472	2893	N16xE1	3969	3019	N19xE1	3803	4074
N10xE2	5183	4130	N13xE2	4419	3578	N16xE2	4628	3633	N19xE2	5264	3504
N10xE3	4575	3315	N13xE3	3567	3015	N16xE3	4700	4085	N19xE3	5003	3448
N10xE4	5564	4867	N13xE4	5250	3893	N16xE4	5558	3974	N19xE4	6006	4693
N10xE5	3150	3615	N13xE5	4003	3593	N16xE5	4814	3400	N19xE5	4256	3441
N10xE6	4108	4174	N13xE6	3792	3607	N16xE6	4339	4244	N19xE6	4111	4263
N10xE7	4294	3763	N13xE7	3669	4230	N16xE7	4283	4230	N19xE7	3953	3556
N10xE8	3914	3944	N13xE8	4408	4122	N16xE8	4830	3974	N19xE8	5011	3800
N10xE9	4183	3648	N13xE9	4608	2907	N16xE9	3800	3589	N19xE9	3200	2626
N11xE1	4756	4096	N14xE1	5136	4544	N17xE1	4589	3567	N20xE1	5636	4367
N11xE2	5406	4496	N14xE2	4350	2611	N17xE2	4436	4089	N20xE2	5167	3944
N11xE3	4703	3056	N14xE3	5319	3756	N17xE3	4800	3300	N20xE3	5553	3533
N11xE4	5078	4019	N14xE4	4472	3789	N17xE4	5031	3874	N20xE4	6050	4374
N11xE5	4686	4204	N14xE5	4689	3037	N17xE5	4308	3252	N20xE5	4831	3552
N11xE6	4833	4370	N14xE6	4250	2741	N17xE6	4481	4452	N20xE6	4728	3770
N11xE7	5419	3326	N14xE7	3644	3526	N17xE7	4585	4693	N20xE7	4969	3996
N11xE8	5072	3374	N14xE8	5569	4407	N17xE8	4556	4270	N20xE8	6086	4841
N11xE9	4231	3352	N14xE9	4908	3081	N17xE9	3537	3833	N20xE9	5733	3333
N12xE1	4706	2885	N15xE1	4314	4056	N18xE1	4308	4044	T _R	5706	4567
N12xE2	5614	3200	N15xE2	5225	3800	N18xE2	5133	4578	T _S	6847	4774
N12xE3	5208	3293	N15xE3	5508	4048	N18xE3	5272	2963	DMS	925	1043
N12xE4	5306	3652	N15xE4	5589	3085	N18xE4	5108	4867			
N12xE5	5042	3378	N15xE5	4094	3304	N18xE5	3767	3981			
N12xE6	3456	2170	N15xE6	4464	4752	N18xE6	4628	3178			
N12xE7	4433	4363	N15xE7	4836	3819	N18xE7	4275	3804			

T_R : Testemunha resistente

T_S : Testemunha suscetível

DMS : diferença mínima significativa à probabilidade de P<0,05

Tabela 13. Médias da variável AP (cm) no local 2 (L2: Anhembi, SP) e no local 3 (L3: Piracicaba).

Popu- lação	AP		Popu- lação	AP		Popu- lação	AP		Popu- lação	AP	
	L2	L3		L2	L3		L2	L3		L2	L3
N1	189,5	168,7	E8	206,0	207,3	N3xE8	211,5	198,0	N6xE8	204,5	185,3
N2	178,0	182,7	E9	190,0	180,7	N3xE9	214,5	186,0	N6xE9	199,8	178,0
N3	206,5	172,0	N1xE1	200,5	174,7	N4xE1	188,0	167,3	N7xE1	193,0	169,3
N4	179,0	166,7	N1xE2	195,8	176,0	N4xE2	189,0	194,7	N7xE2	181,0	176,7
N5	195,0	166,7	N1xE3	208,9	174,0	N4xE3	206,0	193,3	N7xE3	200,5	184,0
N6	204,3	184,0	N1xE4	195,0	176,7	N4xE4	206,5	179,3	N7xE4	193,5	184,0
N7	178,8	180,7	N1xE5	180,0	182,0	N4xE5	183,5	177,3	N7xE5	172,0	167,3
N8	185,0	176,7	N1xE6	230,0	210,7	N4xE6	216,5	208,7	N7xE6	208,8	204,7
N9	193,5	179,3	N1xE7	218,5	210,0	N4xE7	214,0	202,0	N7xE7	204,0	200,7
N10	181,0	178,7	N1xE8	210,0	190,0	N4xE8	197,8	186,0	N7xE8	230,0	190,7
N11	192,0	183,3	N1xE9	193,0	184,7	N4xE9	183,0	168,7	N7xE9	181,3	176,0
N12	257,0	212,0	N2xE1	181,0	176,0	N5xE1	194,8	162,0	N8xE1	185,5	179,3
N13	176,5	187,3	N2xE2	187,0	171,3	N5xE2	184,8	166,0	N8xE2	176,5	174,7
N14	160,0	160,7	N2xE3	192,3	184,0	N5xE3	186,5	177,3	N8xE3	202,5	174,0
N15	185,5	190,7	N2xE4	196,5	181,3	N5xE4	187,5	181,7	N8xE4	198,8	173,3
N16	195,8	176,0	N2xE5	173,5	177,3	N5xE5	198,0	186,7	N8xE5	192,5	178,3
N17	204,5	192,0	N2xE6	206,5	198,0	N5xE6	219,5	211,3	N8xE6	223,0	226,7
N18	214,0	204,0	N2xE7	204,5	196,7	N5xE7	191,5	190,7	N8xE7	201,5	194,0
N19	177,0	148,0	N2xE8	197,0	200,7	N5xE8	215,5	192,0	N8xE8	198,5	182,0
N20	202,5	187,3	N2xE9	195,0	179,3	N5xE9	187,3	171,3	N8xE9	189,5	182,0
E1	163,5	166,0	N3xE1	206,5	166,0	N6xE1	178,3	168,0	N9xE1	188,5	183,3
E2	193,5	178,7	N3xE2	201,5	177,3	N6xE2	185,0	172,0	N9xE2	188,0	188,7
E3	179,0	150,7	N3xE3	200,5	174,0	N6xE3	206,0	189,3	N9xE3	200,3	172,7
E4	190,8	172,0	N3xE4	216,0	188,0	N6xE4	200,0	181,3	N9xE4	202,3	183,3
E5	155,3	140,0	N3xE5	196,0	167,3	N6xE5	196,5	174,7	N9xE5	186,8	182,7
E6	223,3	209,3	N3xE6	240,0	216,7	N6xE6	219,5	212,0	N9xE6	224,0	199,3
E7	230,3	212,0	N3xE7	220,0	199,3	N6xE7	205,8	202,0	N9xE7	208,0	193,3

Tabela 13. Médias da variável AP (cm) no local 2 (L2: Anhembi, SP) e no local3 (L3: Piracicaba).

Popu- lação	AP		Popu- lação	AP		Popu- lação	AP		Popu- lação	AP	
	L2	L3		L2	L3		L2	L3		L2	L3
N9xE8	205,3	200,0	N12xE8	229,5	204,0	N15xE8	219,5	192,0	N18xE8	236,0	201,3
N9xE9	189,5	179,3	N12xE9	213,5	197,3	N15xE9	196,0	182,0	N18xE9	190,3	172,0
N10xE1	194,0	165,3	N13xE1	187,0	164,0	N16xE1	197,5	168,7	N19xE1	170,0	172,7
N10xE2	192,0	177,3	N13xE2	184,0	181,3	N16xE2	174,3	170,0	N19xE2	181,3	158,0
N10xE3	188,5	177,3	N13xE3	180,3	168,7	N16xE3	193,3	188,0	N19xE3	182,5	168,0
N10xE4	202,0	184,7	N13xE4	213,5	189,3	N16xE4	176,5	189,3	N19xE4	189,3	168,0
N10xE5	164,0	166,0	N13xE5	174,0	174,0	N16xE5	175,3	174,7	N19xE5	177,5	167,3
N10xE6	196,0	212,7	N13xE6	219,0	213,3	N16xE6	233,0	202,7	N19xE6	208,0	199,3
N10xE7	204,0	178,7	N13xE7	217,5	189,3	N16xE7	213,5	188,7	N19xE7	202,3	186,7
N10xE8	207,0	181,3	N13xE8	220,5	188,7	N16xE8	210,5	198,7	N19xE8	201,5	178,7
N10xE9	181,5	178,7	N13xE9	208,0	178,7	N16xE9	190,0	165,3	N19xE9	182,5	170,7
N11xE1	175,5	166,0	N14xE1	208,0	193,3	N17xE1	181,8	150,7	N20xE1	186,5	178,0
N11xE2	199,5	186,0	N14xE2	204,8	186,7	N17xE2	203,5	178,7	N20xE2	177,0	159,0
N11xE3	189,8	179,3	N14xE3	210,5	184,7	N17xE3	193,0	188,7	N20xE3	203,0	174,7
N11xE4	183,0	179,3	N14xE4	198,0	180,0	N17xE4	202,5	184,7	N20xE4	207,5	199,3
N11xE5	181,0	177,3	N14xE5	206,0	183,3	N17xE5	186,0	172,0	N20xE5	200,0	182,0
N11xE6	236,5	206,0	N14xE6	248,3	212,0	N17xE6	224,8	226,7	N20xE6	230,5	209,3
N11xE7	222,3	198,0	N14xE7	222,5	204,0	N17xE7	212,5	202,0	N20xE7	209,0	182,0
N11xE8	218,5	204,0	N14xE8	231,3	206,0	N17xE8	226,5	209,3	N20xE8	219,8	184,7
N11xE9	195,0	186,0	N14xE9	208,8	182,7	N17xE9	196,0	196,3	N20xE9	205,5	171,3
N12xE1	232,0	190,7	N15xE1	182,5	172,7	N18xE1	210,5	179,3	T _R	195,5	178,0
N12xE2	214,3	184,7	N15xE2	175,5	178,0	N18xE2	209,5	195,3	T _S	207,8	186,7
N12xE3	224,8	190,0	N15xE3	192,5	183,3	N18xE3	197,5	172,0	DMS	19,9	18,7
N12xE4	214,8	207,3	N15xE4	182,5	164,7	N18xE4	202,3	196,7			
N12xE5	228,5	194,7	N15xE5	185,0	188,7	N18xE5	195,5	198,0			
N12xE6	260,0	243,3	N15xE6	213,0	216,0	N18xE6	208,5	208,7			
N12xE7	252,0	226,0	N15xE7	208,3	194,7	N18xE7	224,0	219,3			

T_R : Testemunha resistente

T_S : Testemunha suscetível

DMS : diferença mínima significativa à probabilidade de P<0,05

Tabela 14. Médias da variável AE (cm) no local 2 (L2: Anhembi, SP) e no local 3 (L3: Piracicaba).

Popu- lação	AE		Popu- lação	AE		Popu- lação	AE		Popu- lação	AE	
	L2	L3		L2	L3		L2	L3		L2	L3
N1	116,3	78,7	E8	128,0	115,3	N3xE8	120,5	110,0	N6xE8	115,3	92,7
N2	95,8	91,3	E9	108,0	88,0	N3xE9	124,0	91,3	N6xE9	110,8	88,0
N3	110,5	81,3	N1xE1	109,5	84,7	N4xE1	105,5	76,7	N7xE1	100,0	81,3
N4	94,8	75,3	N1xE2	115,8	84,0	N4xE2	104,8	96,7	N7xE2	105,8	92,0
N5	106,8	80,0	N1xE3	124,0	87,3	N4xE3	107,0	98,0	N7xE3	110,0	88,0
N6	114,5	94,0	N1xE4	107,0	82,0	N4xE4	114,0	88,7	N7xE4	113,3	95,3
N7	99,3	91,3	N1xE5	107,5	96,0	N4xE5	96,8	86,0	N7xE5	97,3	83,3
N8	110,5	94,0	N1xE6	150,5	120,0	N4xE6	123,0	108,7	N7xE6	127,0	109,3
N9	117,3	93,3	N1xE7	132,5	106,0	N4xE7	116,5	108,0	N7xE7	116,0	100,7
N10	107,0	93,3	N1xE8	119,5	104,0	N4xE8	106,8	92,7	N7xE8	134,8	102,7
N11	107,5	97,3	N1xE9	121,0	93,3	N4xE9	99,0	72,7	N7xE9	95,5	80,7
N12	155,0	112,0	N2xE1	100,5	88,0	N5xE1	108,0	81,3	N8xE1	101,5	86,0
N13	106,5	98,7	N2xE2	107,5	96,7	N5xE2	112,3	80,0	N8xE2	102,5	87,3
N14	86,8	78,0	N2xE3	105,8	94,0	N5xE3	101,5	86,7	N8xE3	117,5	84,3
N15	100,0	91,3	N2xE4	111,0	98,7	N5xE4	107,5	90,0	N8xE4	116,5	86,7
N16	117,8	94,0	N2xE5	101,0	90,7	N5xE5	110,0	87,3	N8xE5	111,5	90,0
N17	114,3	90,7	N2xE6	121,0	106,3	N5xE6	125,0	120,3	N8xE6	133,5	125,3
N18	131,5	116,3	N2xE7	117,0	96,7	N5xE7	117,5	100,0	N8xE7	121,0	104,0
N19	96,5	66,7	N2xE8	121,0	109,0	N5xE8	124,5	101,3	N8xE8	117,5	89,3
N20	115,5	98,0	N2xE9	113,0	86,0	N5xE9	105,8	86,7	N8xE9	110,5	90,0
E1	89,0	68,7	N3xE1	117,0	87,3	N6xE1	98,3	74,7	N9xE1	107,8	83,3
E2	107,5	88,3	N3xE2	117,0	96,0	N6xE2	107,5	89,3	N9xE2	107,0	91,3
E3	106,8	71,3	N3xE3	116,5	90,0	N6xE3	121,5	92,0	N9xE3	109,3	81,3
E4	109,5	78,7	N3xE4	123,0	96,0	N6xE4	121,0	93,3	N9xE4	119,3	91,7
E5	87,3	62,0	N3xE5	115,0	85,3	N6xE5	109,5	87,3	N9xE5	116,5	91,3
E6	133,3	109,3	N3xE6	150,3	124,0	N6xE6	128,0	118,7	N9xE6	145,0	112,7
E7	144,0	116,0	N3xE7	136,0	105,7	N6xE7	123,3	109,3	N9xE7	124,3	100,0

Tabela 14. Médias da variável AE (cm) no local 2 (L2: Anhembi, SP) e no local 3 (L3: Piracicaba).

Popu- lação	AE		Popu- lação	AE		Popu- lação	AE		Popu- lação	AE	
	L2	L3		L2	L3		L2	L3		L2	L3
N9xE8	124,5	110,7	N12xE8	137,0	108,0	N15xE8	128,5	98,0	N18xE8	146,8	116,7
N9xE9	110,5	88,0	N12xE9	131,0	99,3	N15xE9	111,0	95,0	N18xE9	114,3	90,7
N10xE1	111,5	78,0	N13xE1	112,0	80,0	N16xE1	113,0	83,3	N19xE1	97,5	82,0
N10xE2	105,8	84,7	N13xE2	116,8	97,3	N16xE2	101,0	86,7	N19xE2	103,0	79,3
N10xE3	102,5	88,0	N13xE3	103,5	88,7	N16xE3	111,0	92,7	N19xE3	103,8	74,7
N10xE4	115,5	94,7	N13xE4	125,3	99,3	N16xE4	111,0	87,3	N19xE4	107,3	83,0
N10xE5	98,5	82,7	N13xE5	105,0	88,0	N16xE5	99,5	91,3	N19xE5	99,0	84,3
N10xE6	124,0	119,0	N13xE6	126,0	120,0	N16xE6	139,5	116,7	N19xE6	124,8	112,0
N10xE7	119,8	94,0	N13xE7	132,0	102,0	N16xE7	124,3	103,3	N19xE7	119,5	96,0
N10xE8	128,5	102,0	N13xE8	142,0	101,3	N16xE8	128,5	103,3	N19xE8	123,5	84,7
N10xE9	107,5	91,3	N13xE9	124,5	96,7	N16xE9	104,5	80,0	N19xE9	105,0	82,7
N11xE1	102,0	86,7	N14xE1	119,0	93,3	N17xE1	110,0	76,7	N20xE1	111,0	92,7
N11xE2	108,0	92,7	N14xE2	117,0	99,3	N17xE2	117,0	89,3	N20xE2	99,0	74,7
N11xE3	110,0	84,7	N14xE3	123,5	89,3	N17xE3	116,5	96,7	N20xE3	121,5	89,3
N11xE4	103,8	92,7	N14xE4	119,0	93,3	N17xE4	121,0	96,3	N20xE4	130,5	110,3
N11xE5	104,5	87,3	N14xE5	120,0	94,0	N17xE5	111,5	87,3	N20xE5	120,0	96,0
N11xE6	158,5	132,0	N14xE6	148,5	106,0	N17xE6	140,0	135,3	N20xE6	146,5	114,0
N11xE7	133,3	104,7	N14xE7	136,0	112,7	N17xE7	119,0	108,7	N20xE7	122,5	90,7
N11xE8	125,0	113,3	N14xE8	129,3	110,0	N17xE8	141,3	114,0	N20xE8	131,8	91,3
N11xE9	108,5	94,7	N14xE9	129,3	96,7	N17xE9	113,0	108,7	N20xE9	132,0	91,0
N12xE1	133,5	89,3	N15xE1	97,5	73,0	N18xE1	118,8	88,7	T_R	107,5	90,7
N12xE2	131,0	95,3	N15xE2	101,5	84,7	N18xE2	125,5	106,7	T_S	113,5	92,7
N12xE3	129,8	98,7	N15xE3	108,5	88,7	N18xE3	117,5	92,0	DMS	15,0	14,4
N12xE4	128,3	106,7	N15xE4	97,0	76,0	N18xE4	121,8	101,3			
N12xE5	138,3	104,7	N15xE5	104,0	92,0	N18xE5	120,0	96,0			
N12xE6	163,5	138,7	N15xE6	129,5	119,3	N18xE6	141,0	122,0			
N12xE7	158,5	126,0	N15xE7	123,0	106,0	N18xE7	135,0	123,3			

T_R : Testemunha resistente

T_S : Testemunha suscetível

DMS : diferença mínima significativa à probabilidade de P<0,05

Tabela 15. Quadrados médios e significância na análise da variância conjunta para a variável RLC ⁽¹⁾ (Local 1 e Local 2).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
Blocos /Amb.	5	0,8105	
Tratamentos	210	0,6910	**
Dialelo	208	0,6753	**
Testemunhas	1	4,5379	**
Dialelo vs Test.	1	0,1097	ns
Ambientes	1	3,7538	**
Tratamentos x Amb	210	0,3102	ns
Dialelo x Amb.	208	0,2999	ns
Testemunhas x Amb.	1	0,1201	ns
(Dialelo vs Test.) x Amb.	1	2,6427	**
Erro	1050	0,2917	
Média	2,13		
Coef. de Var. (%)	25,35		

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

(1) segundo nível de dano em escala de notas de 0 a 5 (Carvalho, 1970)

Tabela 16. Quadrados médios e significância na análise da variância conjunta para a variável PG (kg/ha) (Local 2 e Local 3).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
Blocos /Amb.	5	3296545	
Tratamentos	210	2913534	**
Dialelo	208	2865994	**
Testemunhas	1	1560009	ns
Dialelo vs Test.	1	14155379	**
Ambientes	1	288273464	**
Tratamentos x Amb	210	884261	**
Dialelo x Amb.	208	808080	**
Testemunhas x Amb.	1	1111328	ns
(Dialelo vs Test.) x Amb.	1	16502842	**
Erro	1050	437245	
Média	4094		
Coef. De Var. (%)	16,1		

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

Tabela 17. Quadrados médios e significância na análise da variância para a variável PG (kg/ha) no local 2 (Anhembi) e no local 3 (Piracicaba 2).

Fontes de Variação	Local 2		Local 3	
	GL	Quadrados Médios	GL	Quadrados Médios
Blocos	3	2114116	2	5070188
Tratamentos	210	2444472	**	210 1353323
Dialelo	208	2338481	**	208 1335593
Testemunhas	1	2606809	*	1 64528
Dialelo vs Test.	1	24328263	**	1 6329958
Erro	630	445581		420 424740
Média	4540			3648
Coef. de Var. (%)	14,7			17,9

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

Tabela 18. Quadrados médios e significância na análise da variância conjunta para as variáveis AP (cm) e AE (cm) (Local 2 e Local 3).

Fontes de Variação	AP		AE	
	GL	Quadrados Médios	Quadrados Médios	
Blocos / Amb.	5	796,41	1160,74	
Tratamentos	210	1747,50	**	1139,01
Dialelo	208	1762,47	**	1149,03
Testemunhas	1	375,00	ns	54,86
Dialelo vs Test.	1	6,24	ns	139,00
Ambientes	1	80565,79	**	172770,46
Tratamentos x Amb.	210	263,27	**	159,71
Dialelo x Amb.	208	265,32	**	159,89
Testemunhas x Amb.	1	37,79	ns	23,14
(Dialelo vs Test.) x Amb.	1	62,35	ns	258,84
Erro	1050	183,84		104,96
Média	193,72			107,53
Coef. de Var. (%)	6,99			9,53

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

Tabela 19. Quadrados médios e significância na análise da variância para a variável AP (cm) no local 2 (Anhembi) e no local 3 (Piracicaba).

Fontes de Variação	Local 2					Local 3				
	AP			AE		AP			AE	
	GL	QM		QM		GL	QM		QM	
Blocos	3	735,87		1685,33		2	887,21		373,86	
Tratamentos	210	1272,04	**	781,32	**	210	738,73	**	517,40	**
Dialelo	208	1282,74	**	786,90	**	208	745,05	**	522,02	**
Testemunhas	1	300,12	ns	72,00	ns	1	112,67	ns	6,00	ns
Dialelo vs Testem.	1	18,36	ns	330	ns	1	50,23	ns	67,84	ns
Erro	630	214,17		120,37		420	138,36		81,84	
Média	200,11			116,89		185,19			95,04	
Coef. de Var. (%)	7,3			9,38		6,4			9,52	

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

Tabela 20. Quadrados médios e significância na análise da variância conjunta do esquema dialélico parcial, para a variável RLC ⁽¹⁾ (Local 1 e Local 2).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
Dialelo	208	0,6753	**
Entre grupos	1	5,7230	**
Grupo 1	19	1,0460	**
Grupo 2	8	2,4401	**
Heterose	180	0,5297	**
Heterose média	1	0,0756	ns
Het. Grupo 1	19	0,5745	**
Het. Grupo 2	8	0,4804	ns
Het. específica	152	0,5297	**
Dialelo x Amb.	208	0,2999	ns
Entre grupos x Amb	1	0,0107	ns
Grupo 1 x Amb.	19	0,2106	ns
Grupo 2 x Amb	8	0,6655	*
Heterose x Amb.	180	0,2946	ns
Heterose média x Amb.	1	0,0001	ns
Het. varietal Grupo 1 x Amb	19	0,3761	ns
Het. varietal Grupo 2 x Amb.	8	0,2140	ns
Het. Específica x Amb.	152	0,2906	ns
Erro	1050	0,2917	

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

(1) segundo nível de dano em escala de notas de 0 a 5 (Carvalho, 1970)

Tabela 21. Estimativas de parâmetros componentes de médias, suas respectivas variâncias e capacidade geral de combinação (g_i e g_j) na análise conjunta da variável RLC ⁽¹⁾ (Local 1 e Local 2).

Grupo 1	v_i	h_i	g_i
N1	0,1809	-0,1259	-0,0355
N2	0,3038	-0,1170	0,0349
N3	-0,5434	0,2158	-0,0559
N4	-0,2119	-0,1499	-0,2558
N5	-0,0486	-0,0504	-0,0747
N6	0,3464	-0,0828	0,0904
N7	0,7063	-0,2374	0,1157
N8	-0,2142	0,2037	0,0966
N9	-0,4034	0,1654	-0,0363
N10	-0,0583	0,0265	-0,0027
N11	0,1752	-0,0991	-0,0115
N12	0,1167	-0,0769	-0,0185
N13	-0,1950	0,2453	0,1478
N14	0,6335	-0,2528	0,0640
N15	-0,5258	0,0775	-0,1853
N16	0,0033	-0,0627	-0,0611
N17	-0,2735	0,3606	0,2238
N18	-0,0385	-0,0943	-0,1135
N19	0,2254	-0,1125	0,0002
N20	-0,1789	0,1668	0,0774
Variância	0,0395	0,0143	
Grupo 2	v_j	h_j	g_j
E1	-0,3315	0,0494	-0,1164
E2	-0,2670	0,0811	-0,0524
E3	-0,0058	-0,0943	-0,0972
E4	-0,0441	0,0395	0,0175
E5	0,0007	-0,1497	-0,1493
E6	0,0183	0,1816	0,1907
E7	0,1117	-0,1247	-0,0689
E8	0,4476	-0,1840	0,0398
E9	0,0700	0,2012	0,2362
Variância	0,0369	0,0111	
μ	2,1454		
d	0,1622		
$\bar{h}$	-0,0223		

⁽¹⁾ segundo nível de dano em escala de notas de 0 a 5 (Carvalho, 1970)

Tabela 22. Estimativas de heterose específica (s_{ij}) (acima) e heterose em percentagem da média dos pais (abaixo), na análise conjunta da variável RLC ⁽¹⁾ (Local 1 e Local 2).

Grupo 1	Grupo 2								
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
N1	0,35	-0,21	-0,27	0,18	0,42	-0,23	-0,26	0,29	-0,27
	12	-13	-23	3	5	-9	-23	-2	-10
N2	-0,13	-0,04	-0,29	-0,12	0,15	0,06	-0,06	0,19	0,24
	-10	-5	-23	-10	-6	4	-14	-5	13
N3	-0,24	-0,37	0,77	0,21	-0,07	0,05	-0,34	0,05	-0,05
	0	-5	47	24	-1	23	-14	3	18
N4	0,63	-0,30	-0,04	0,16	0,03	-0,15	-0,21	-0,15	0,04
	27	-21	-15	1	-14	-7	-24	-22	3
N5	-0,25	0,10	-0,31	-0,10	0,07	0,30	-0,16	0,32	0,02
	-14	6	-23	-6	-7	19	-16	3	7
N6	-0,02	-0,14	0,05	0,26	0,50	-0,13	-0,28	-0,35	0,12
	-4	-8	-7	8	11	-2	-21	-25	9
N7	0,02	0,06	-0,08	0,08	-0,11	-0,34	0,30	0,24	-0,19
	-8	-5	-17	-6	-21	-17	-3	-7	-10
N8	0,04	-0,33	0,13	0,10	-0,37	-0,32	0,65	-0,14	0,23
	14	-4	11	16	-16	2	34	-6	29
N9	0,15	0,32	-0,45	-0,11	0,08	-0,04	-0,31	-0,11	0,47
	19	30	-20	4	4	15	-15	-7	41
N10	0,59	-0,11	-0,06	0,24	0,08	0,02	-0,30	-0,27	-0,19
	33	-1	-7	14	-3	10	-19	-19	1
N11	0,24	0,38	-0,29	-0,10	-0,18	-0,30	0,46	0,08	-0,29
	8	16	-22	-8	-20	-11	10	-9	-9
N12	-0,42	-0,11	-0,13	-0,02	-0,25	0,37	0,07	0,00	0,49
	-23	-6	-15	-4	-23	20	-7	-12	26
N13	0,05	-0,06	0,02	-0,25	-0,24	-0,04	0,56	-0,23	0,18
	17	13	7	1	-8	18	32	-8	29
N14	-0,06	-0,11	-0,32	-0,13	0,28	0,26	0,14	0,06	-0,11
	-12	-13	-28	-15	-6	7	-10	-15	-7
N15	-0,37	0,23	0,32	0,22	0,05	0,02	-0,30	0,11	-0,28
	-15	21	15	17	-2	13	-19	-1	-1
N16	-0,11	0,07	0,45	-0,05	-0,28	0,12	-0,34	0,38	-0,24
	-7	3	12	-4	-24	10	-25	5	-6
N17	0,01	0,39	0,46	-0,55	0,03	-0,23	0,15	-0,35	0,10
	22	43	35	-9	11	14	18	-9	31
N18	-0,47	0,18	0,16	-0,08	-0,04	0,32	0,08	-0,10	-0,05
	-27	7	-2	-7	-14	18	-7	-17	2
N19	-0,05	0,05	-0,20	0,33	0,06	-0,18	-0,25	0,14	0,10
	-7	0	-19	11	-10	-6	-22	-7	7
N20	0,03	0,02	0,08	-0,28	-0,23	0,43	0,39	-0,16	-0,29
	12	13	7	-5	-11	37	20	-9	3
Variância (s_{ij}) 0,0353									

⁽¹⁾ segundo nível de dano em escala de notas de 0 a 5 (Carvalho, 1970)

Tabela 23. Quadrados médios e significância na análise da variância conjunta do esquema dialélico parcial, para a variável PG (kg/ha) (Local 2 e Local 3).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios (1)	
Dialelo	208	28,6599	**
Entre grupos	1	2,7607	ns
Grupo 1	19	76,9794	**
Grupo 2	8	166,5348	**
Heterose	180	17,5756	**
Heterose média	1	1340,0908	**
Het. Grupo 1	19	12,5092	**
Het. Grupo 2	8	18,4750	**
Het. específica	152	9,4608	**
Dialelo x Amb.	208	8,0808	**
Entre grupos x Amb.	1	16,2299	ns
Grupo 1 x Amb.	19	2787,9042	**
Grupo 2 x Amb.	8	6692,4505	**
Heterose x Amb.	180	5,6476	**
Heterose média x Amb.	1	43841,0625	**
Het. Grupo 1 x Amb.	19	412,7274	**
Het. Grupo 2 x Amb.	8	403,0752	**
Het. Específica x Amb.	152	5,1275	ns
Erro	1050	4,3724	

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

(1) $\times 10^5$

Tabela 24. Estimativas de parâmetros componentes de médias, suas respectivas variâncias e capacidade geral de combinação (g_i e g_j) para a variável PG (kg/ha) nos locais 2 e 3.

Grupo 1	Local 2			Local 3		
	vi	hi	gi	vi	hi	gi
N1	-2044	443	-579	-1162	65	-516
N2	-811	-409	-816	130	-405	-340
N3	343	308	480	-66	38	5
N4	-236	-243	-361	-366	57	-126
N5	1138	-346	223	719	57	416
N6	-518	151	-108	-144	128	56
N7	-333	-7	-174	186	94	187
N8	118	-78	-18	523	-142	119
N9	877	-300	138	260	-273	-144
N10	-78	-209	-248	-507	380	127
N11	-178	344	255	126	9	72
N12	710	-224	131	-51	-346	-372
N13	-997	87	-411	-1007	302	-201
N14	-1653	876	50	-1188	355	-239
N15	218	118	227	-22	55	44
N16	577	-279	9	-329	84	-80
N17	1324	-278	385	1393	-161	535
N18	863	-234	197	1126	-311	252
N19	221	-254	-143	178	-116	-27
N20	457	533	762	200	129	229
Variância	105826	38215		134501	48570	
Grupo 2	vj	hj	gj	vj	hj	gj
E1	-361	79	-101	-222	113	2
E2	736	-124	244	1011	-314	191
E3	-980	675	184	-1137	355	-214
E4	1027	254	768	433	66	283
E5	-1616	409	-399	-829	139	-276
E6	727	-705	-341	-141	45	-26
E7	175	-381	-294	600	-118	182
E8	550	44	319	1067	-159	375
E9	-258	-251	-381	-781	-127	-518
Variância	99018	29705		125849	37755	
μ	3603			2916		
d	289			261		
$\bar{h}$	1051			822		

Tabela 26. Quadrados médios e significância na análise da variância conjunta do esquema dialélico parcial, para a variável AP (cm) (Local 2 e Local 3).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios	
Dialelo	208	1762,47	**
Entre grupos	1	1107,04	*
Grupo 1	19	4506,65	**
Grupo 2	8	24799,49	**
Heterose	180	452,58	**
Heterose média	1	8671,46	**
Het. Grupo 1	19	762,61	**
Het. Grupo 2	8	1034,06	**
Het. específica	152	329,15	**
Dialelo x Amb.	208	265,17	**
Entre grupos x Amb.	1	74,89	ns
Grupo 1 x Amb.	19	872,83	**
Grupo 2 x Amb.	8	357,51	ns
Heterose x Amb	180	197,98	ns
Heterose média x Amb.	1	608,33	ns
Het. Grupo 1 x Amb.	19	239,83	ns
Het. Grupo 2 x Amb.	8	284,72	ns
Het. Específica x Amb.	152	185,48	ns
Erro	1050	183,84	

**, *, ns : níveis de significância pelo teste F: $p < 0,01$, $p < 0,05$ e não significativo, respectivamente.

Tabela 27. Estimativas de parâmetros componentes de médias, suas respectivas variâncias e capacidade geral de combinação (g_i e g_j) na análise conjunta da variável AP (cm) (Local 2 e Local 3).

Grupo 1	vi	hi	gi
N1	-7,23	4,93	1,32
N2	-5,98	-1,93	-4,92
N3	2,94	3,68	5,14
N4	-13,48	5,35	-1,39
N5	-5,48	-1,83	-4,57
N6	7,81	-5,50	-1,59
N7	-6,61	-0,54	-3,85
N8	-5,48	-0,26	-3,00
N9	0,10	-0,68	-0,63
N10	-6,48	-4,29	-7,53
N11	1,35	-0,87	-0,20
N12	48,19	-0,72	23,37
N13	-4,40	0,23	-1,97
N14	-25,98	23,22	10,23
N15	1,77	-4,21	-3,32
N16	-0,44	-4,05	-4,27
N17	11,94	-3,25	2,72
N18	22,69	-4,11	7,23
N19	-23,82	-0,45	-12,36
N20	8,60	-4,72	-0,42
Variância	24,95	9,01	
Grupo 2	vj	hj	gj
E1	-21,26	-0,85	-11,48
E2	0,08	-9,83	-9,79
E3	-21,17	5,79	-4,79
E4	-4,63	-0,38	-2,70
E5	-38,38	8,57	-10,62
E6	30,28	8,74	23,88
E7	35,12	-5,92	11,64
E8	20,66	0,07	10,40
E9	-0,67	-6,21	-6,55
Variância	23,34	7,00	
μ	186,16		
d	0,15		
$\bar{h}$	7,53		

Tabela 29. Contribuição relativa das fontes de variação (somas de quadrados) nas análises da variância conjuntas do esquema dialélico parcial, para as variáveis RLC ⁽¹⁾, PG (kg/ha) e AP (cm).

	RLC	PG	AP
Populações	100	100	100
Variedades	32,1	46,9	77,8
Heterose	67,9	53,1	22,2
Het. média	0,1	42,4	10,7
Het. varietal	15,5	12,2	27,9
Het. específica	84,4	45,5	61,4

⁽¹⁾ segundo nível de dano em escala de notas de 0 a 5 (Carvalho, 1970)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONZO, J.; COLL, Y.; ARMAS, R. Identification of a strain of Bt with high insecticidal activity against *S. frugiperda*. **Centro Agrícola**, v. 21, n. 1, p. 19 – 25, 1994.
- BARRIGA, P.; VENCOSKY, R. Heterose da produção de grãos e de outros caracteres agrônômicos em cruzamentos intervarietais de milho. **Ciência e Cultura**, v. 25, p. 880 – 885, 1973.
- BASSO, C. M. Síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com resistência ao complexo de enfezamento. Piracicaba, 1999. 122 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BELLUCI, A. A. Avaliação de populações derivadas de híbridos de milho (*Zea mays* L.) em cruzamentos dialélicos e "top crosses". Piracicaba, 1994. 131 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BORÉM, A. Biotecnologia no melhoramento de plantas. In: BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1998. cap. 21, p. 315 – 321.
- BUNTIN, C.D. A review of plant response to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith), injury in selected field and forage crops. **The Florida Entomologist**, v. 69, n.3, p. 35 – 41. 1986.

BURTON, R. L. **Mass rearing the fall armyworm in the laboratory**. Gainesville: USDA, ARS, 1967. 12 p. (USDA. ARS Report, ARS-33-117).

BURTON, R. L.; PERKINS, W. D. Rearing the com earworm and fall armyworm for maize resistance studies. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METODOLOGIES FOR DEVELOPING HOST PLANT RESISTANCE TO CORN INSECTS, México, 1989. **Toward insect resistance corn for the third world**. México: CIMMYT, 1989. p. 37 - 45.

CARVALHO, R. P. L. Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *S. frugiperda* e suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo. Piracicaba, 1970. 170 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CARVALHO, R.P.L. Pragas do milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 673 – 703.

CASTRO, M.; GARDNER, C. O.; LONNQUIST, J. H. Cumulative gene effects and the nature of heterosis in maize crosses involving genetically diverse races. **Crop Science**, v. 8, p. 97 – 101, 1968.

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO. **Screening for insect resistance**. México, 1977. 10 p. (Cimmyt Report on Maize Improvement).

CHAVES, L. J.; MIRANDA FILHO, J. B. Predicting variety composite means without diallel crossing. **Revista Brasileira de Genética**, v. 20, p. 501 – 506, 1997.

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 390 p.
- CRUZ, I. Manejo de pragas de milho no Brasil. In: DIALOGO 25., Sete Lagoas, 1986. **Controle de pragas em milho e sorgo**. Sete Lagoas: Procisur, EMBRAPA, CNPMS. 1986. p. 20 – 28.
- CRUZ, I. **A lagarta do cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS, 1995. 45 p. (EMBRAPA/CNPMS. Circular Técnica, 21).
- CRUZ, I.; ALVARENGA, C. D. Avaliação da variabilidade genética da população de milho doce BR400 para resistência a lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., Vitória, 1990. **Resumos**. Vitória: Emcapa, 1990. p. 87.
- CRUZ, I.; TURPIN, F. T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 335 – 339, 1982.
- DAVIS, F. M.; NG, S. S.; WILLIAMS W. P. **Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm**. Columbia: Agricultural and Forestry Experiment Station, 1992. (Technical Bulletin, 186).
- EBERHART, S. A.; HARRISON, M. N.; OGADA, F. A. A comprehensive breeding system. **Zuchter**, v. 37, p. 169 – 174, 1967.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **World agricultural production**. Washington, 1999. 5 p. (Circular Series, WAP 12-99).

FONSECA, J.P. Relação das principais pragas observadas nos anos de 1931, 1932 e 1933 nas plantas de maior cultivo no estado de São Paulo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.5, p.263 - 289, 1934.

FORNASIERI FILHO, D.; CASAGRANDE, A. A.; LARA, F. M. Resistência de cultivares de milho a *S. frugiperda*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 6., Campinas, 1980. **Resumos**. Campinas: CECORT, CATI, 1980. p. 142.

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

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. B. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, v. 11, n. 2, p. 419 – 430, 1988.

GRIFFING, 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.

GUIMARÃES, P. E. O.; VIANA, P. A. Estudo da herança da resistência de genótipos de milho ao ataque da lagarta do cartucho. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. **Relatório Técnico anual – 1994**. Sete Lagoas, 1994. p. 201 – 202.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 3. ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468 p.

- HAMBLETON, E.J. Uma lista dos lepidópteros do Estado de Minas Gerais. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 6, p. 213 - 56, 1935.
- HEDIN, P.A.; WILLIAMS, W.P.; DAVIS, F.M; BUCKLEY, P.M. Roles of amino-acids, protein and fiber in leaf feeding resistance of corn to the fall armyworm. **Journal of Chemical Ecology**, v.16, n.6, p. 1977 - 1995, 1990.
- JENNINGS, C. W.; RUSSELL, W. A.; GUTHRIE, W. D.; GRINDELAND, R. L. Genetics of resistance in maize to second-brood European corn borer. **Iowa State Journal of Research**, v. 48, p. 267 – 280, 1974.
- KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R. N. The partial diallel cross. **Biometrics**, v. 17, p. 229 – 250, 1961.
- KHAIRALLAH, D.; HOISINGTON, D.; GONZALEZ DE LEON, D.; BOHN, M.; MELCHINGER, A.; JEWELL, D. C.; DEUTSCH, J. A.; MIHM, J. Location and effect of quantitative trait loci for southwestern corn borer and sugarcane borer resistance in tropical maize. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INSECT RESISTANCE MAIZE: RECENT ADVANCES AND UTILIZATION, México, 1994. México: CIMMYT, 1994. p. 98 – 108.
- KLENKE, J. R.; RUSSELL, W. A.; GUTHRIE, W. D. Recurrent selection for resistance to European corn borer in a corn synthetic and correlated effects on agronomic traits. **Crop Science**, v. 26, p. 864 – 868, 1986.
- LARA, F.M. **Princípios da resistência de plantas a insetos**. 2. ed. São Paulo: Ed. Ícone, 1991, 336 p.

- LARA, F. M.; AYALA OSUNA, J.; ABDELNUR JUNIOR, O. Comportamento de genótipos de milho em relação ao ataque de *S. frugiperda* e *H. Zea*. **Científica**, v. 12 , p. 77 - 83, 1984.
- LEIDERMAN, E.J.; SAUER, H.F.G. A lagarta dos milharais *Laphiigma frugiperda* (Abbot & Smith, 1797). **O biológico**, v.19, n.6, p.105 - 113, 1953.
- LEMONS, M. A.; TABOSA, J. M.; TAVARES FILHO, J. J.; GAMA, E; ARCOVERDE, E. G.; SANTOS, A. S. S.; OLIVEIRA, S. A. **Cultivar de milho desenvolvida para Pernambuco, selecionada contra ataques das lagartas do cartucho e da espiga**. Recife: EMBRAPA, 1995. 7 p. (Comunicado Técnico, 61).
- MALDONADO FERREIRA, J. Análise genética e síntese de populações visando resistência à ferrugem (*Puccinia polysora* U.) em milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1999. 150 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- MARQUES, C. A. S.; CAMARGO, O. B. A.; OSUNA, J. A. Avaliação fenotípica de populações de milho, sob condições de seca para os danos de *Helicoverpa Zea* e *S. frugiperda*, e outras características agronômicas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., Belo Horizonte, 1988. **Anais**. Belo Horizonte: EMBRAPA, CNPMS, 1988. p. 327 - 336.
- MELO, M.; SILVA, R.F.P. Influência da três cultivares de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.16, n.1, p. 37 - 49, 1987.

MIHM, J. A. **Efficient mass rearing and infestation technics to screen for host plant resistance to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* S.).**

México: CIMMYT, 1983. 23 p. (Information Bulletin).

MIHM, J. A. Evaluating corn for resistance to tropical stem borer, armyworms and earworms. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METODOLOGIES FOR DEVELOPING HOST PLANT RESISTANCE TO CORN INSECTS, México, 1989. **Toward insect resistance corn for the third world.** México: CIMMYT, 1989. p. 109 - 121.

MIRANDA FILHO, J.B. Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho com ênfase na produtividade e no porte da planta. Piracicaba, 1974. 116 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MIRANDA FILHO, J.B.; CHAVES, L.J. Criteria for selecting composites based on prediction methods. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 78, p. 190 – 194, 1992.

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

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

- NALIM, D. M. Biologia, nutrição quantitativa e controle de qualidade de populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais. Piracicaba, 1991. 150 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- NG, S.S.; DAVIS, F.M., WILLIAMS, W.P. Survival, growth and reproduction of the fall armyworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) as affected by resistant corn genotypes. **Journal of Economical Entomology**, v.78, n.4, p. 967 - 971, 1985.
- NISHIKAWA, M. A. N. Análise genética de populações de milho (*Zea mays* L.) visando resistência à lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* S.). Piracicaba, 1999. 90 p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ORTEGA, A.; VASAL, S. K.; MIHM, J. A.; HERSHEY, C. Breeding for insect resistance in maize. In: MAXWELL, F. G.; P. R. JENNINGS. **Breeding plants resistant to insects**. New York: John Wiley, 1980. p. 371 – 419.
- OSUNA, J. A.; LARA, F. M. OLIVEIRA, M. A. P.; TOZETTI, A. D. Avaliação de famílias de médios irmãos em milho visando resistência a *Helicoverpa zea* B. e *Spodoptera frugiperda* S. **Anais da Sociedade Entomológica de Brasil**, v. 24, n. 1, p. 18 – 23. 1995.
- PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants**. New York: McMillian, 1951. 520 p.

- PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; SPOTTI LOPES, J. R. Pragas do milho e seu controle. In: OSUNA, J. A.; MORO, J. R. **Produção e melhoramento do milho**. Jaboticaval: FUNEP, 1995. p. 168 – 176.
- PATERNIL SILVEIRA, L. C. Resistência de genótipos de milho a *S. frugiperda*. Piracicaba, 1994. 90 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- PENNY, L. H.; SCOTT, G. E.; GUTHRIE, W. D. Recurrent selection for European corn borer resistance. **Crop Science**, v. 7, p. 407 – 409, 1967.
- RAFFA, K. F. Effect of host plant on cannibalism rates by fall armyworm larvae. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 3, p. 672 – 675, 1987.
- REESE, J. C. A method for rearing black cutworms. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, p. 1047 – 1050, 1972.
- REID, L.; ARNASON, J. T.; NOZZOLILLO, C.; HAMILTON, R. Resistance of maize germplasm to European corn borer (*Ostrinia nubilalis*) as related to geographical origin. **Canadian Journal of Botany**, v. 68, p. 311 – 316, 1990.
- SA, L. A. N.; PARRA, J. R. P. Natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs in corn by *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Brasil. **Florida Entomologist**, v. 77, n. 1, p. 185 - 188, 1994.
- SANTOS, M. X.; PACHECO, C. A. P.; GUIMARÃES, P. E. O.; GAMA, E. E. G.; DA SILVA, A. E.; OLIVEIRA, A. C. Diallel among twenty eight varieties of maize. **Revista Brasileira de Genética**, v. 17, n. 3, p. 277 – 282, 1994.

- SCOTT, G. E.; DAVIS, F. M. Registration of Mp496 inbred of maize. **Crop Science**, v. 21, p. 353, 1981a.
- SCOTT, G. E.; DAVIS, F. M. Registration of MpSWCB-4 population of maize. **Crop Science**, v. 21, p. 148, 1981b.
- SCOTT, G. E.; HALLAUER, A. R.; DICKE, F. F. Type of gene action conditioning resistance to European corn borer leaf-feeding. **Crop Science**, v. 4, p. 603 – 604, 1964.
- SHOWERS, W. B.; REED, G. L. Methods of infesting corn with the European corn borer. **Iowa State Journal of Science**, v. 46, n. 3, p. 429 – 434, 1972.
- SIFUENTES, J. A. A. Oviposición de palomillas de cogollero y daño de las larvas en plántulas de maíz y sorgo, en invernadero. **Agricultura Técnica en México**, v.2, n.7, p.311 - 314, 1967.
- SINGH, P. **Artificial diets for insects, mites and spiders**. New York: Plenum Pub., 1977. 58 p.
- SMITH, M. E. Studies on fall armyworm resistance in Tuxpeño and Antigua maize populations. Ithaca, 1982. 98 p. Thesis (PhD) - Cornell University.
- SMITH, M. E. An overview of the mechanisms and bases of insect resistance in maize. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INSECT RESISTANCE MAIZE: RECENT ADVANCES AND UTILIZATION, México, 1994. México: CIMMYT, 1994. p. 1 - 7.

- SMITH, M. E.; MIHM, J. A.; JEWELL, D. C. Breeding for multiple resistance to temperate, subtropical and tropical maize insect pests at CIMMYT. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METODOLOGIES FOR DEVELOPING HOST PLANT RESISTANCE TO CORN INSECTS, México, 1989. **Toward insect resistance corn for the third world**. México: CIMMYT, 1989. p. 222 - 234.
- SOUZA JÚNIOR, C. L. Análise de cruzamentos dialélicos e predição de compostos de milho braquítico. Piracicaba, 1981. 102 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SPRAGUE, G. F.; DAHMS, R. G. Development of crop resistance to insects. **Journal of Environmental Quality**, v. 1, p. 28 – 34, 1972
- SPRAGUE, G. F.; TATUM, L.A. General versus specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of American Society of Agronomy**, v. 34, p. 923 – 32, 1942
- THOME, C. R.; SMITH, M. E. MIHM, J. A. Leaf feeding resistance to multiple insect species in a maize diallel. **Crop Science**, v. 32, p. 1460 – 1463, 1992.
- VALICENTE, F. H. Levantamento dos inimigos naturais de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica de Brasil**, v. 18, n. 1, p. 119 - 130, 1989.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

- VENDRAMIN, J.D.; FANCELLI, M. Efeito de genótipos de milho na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.17, supl., p.141 - 150, 1988.
- VIANA, P. A., Avaliação de genótipos de milho para resistência a lagarta do cartucho, *S. frugiperda*. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. **Relatório Técnico anual – 1994**. Sete Lagoas, 1994a. p. 57 - 66.
- VIANA, P. A. Identificação de fontes de resistencia de milho ao ataque da lagarta do cartucho. In: CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. **Relatório Técnico anual – 1992**. Sete Lagoas, 1994b. p. 88 – 96.
- VIANA, P. A.; GUIMARÃES, P. E. O. Maize resistance to the lesser corn stalk borer and fall armyworm in Brasil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INSECT RESISTANCE MAIZE: RECENT ADVANCES AND UTILIZATION, México, 1994. México: CIMMYT, 1994a. p. 56 - 62.
- VIANA, P. A.; GUIMARÃES, P. E. O. Melhoramento da população MIRT de milho para resistência a lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20 Goiânia, 1994. Goiânia: EMBRAPA, CNPMS, 1994b. p. 139.
- VIANA, P. A.; POTENZA, M. R. Identificação de fontes de resistência de milho a *S. frugiperda*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13., Recife, 1991. **Resumos**. Recife: SEB, 1991. v. 2, p. 530.

WELCKER, C.; GILET, J. D.; CLAVEL, D.; GUINET, I. Response for selection to resistance to leaf feeding by fall armyworm in Pop. G, a Guadalupe maize population. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INSECT RESISTANCE MAIZE: RECENT ADVANCES AND UTILIZATION, México, 1994. México: CIMMYT, 1994a. p. 45 – 52.

WELCKER, C.; CLAVEL, D.; GILET, J. D.; FELICITE, F.; GUINET, I. Variability for resistance to fall armyworm in Guadeloupe among maize populations improved for resistance to various insects. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INSECT RESISTANCE MAIZE: RECENT ADVANCES AND UTILIZATION, México, 1994. México: CIMMYT, 1994b. p. 53 – 58.

WIDSTROM, N. W. Breeding methodology to increase resistance in maize to corn ear-worm, fall army-worm and maize weevil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON METODOLOGIES FOR DEVELOPING HOST PLANT RESISTANCE TO CORN INSECTS, México, 1989. **Toward insect resistance corn for the third world**. México: CIMMYT, 1989. p. 231 – 236.

WIDSTROM, N. W.; BONDARI, K; McMILLIAN, W. W. Heterosis among insect resistance maize populations. **Crop Science**, v. 3, p. 989 – 994, 1993.

WIDSTROM, N. W.; WILLIAMS; W. P.; WISEMAN; B. R.; DAVIS, F. M. Recurrent selection for resistance to leaf feeding by fall armyworm on maize. **Crop Science**, v. 32, p. 1171 – 1174, 1992.

WIDSTROM, N. W.; WISEMAN; B. R.; McMILLIAN, W. W. Resistance among some maize inbreds and single crosses to fall armyworm and corn ear-worm. **Crop Science**, v. 12, p. 290 – 292, 1972.

- WILLIAMS, W. P.; BUCKLEY, P. M.; DAVIS, F. M. Larval growth and behavior of the fall armyworm on callus initiated from susceptible and resistant corn hybrids. **Journal of Economic Entomology**, v. 78, p. 951 – 954, 1985.
- WILLIAMS, W.P.; BUCKLEY, P.M., DAVIS, F.M. Oviposition deterrents for fall armyworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) from larval frass, corn leaves and artificial diet. **Environmental Entomology**, v.15, p. 321 - 30, 1986.
- WILLIAMS, W. P.; BUCKLEY, P. M.; DAVIS, F. M. Feeding response of corn earworm to callus and extracts of corn in the laboratory. **Environmental Entomology**, v. 16, p. 532 – 534, 1987a.
- WILLIAMS, W. P., BUCKLEY, P. M.; DAVIS, F. M. Tissue culture and its use in investigations of insect resistance in maize. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 18, p. 185 – 190, 1987b.
- WILLIAMS, W. P.; BUCKLEY, P. M.; DAVIS, F. M. Combining ability for resistance in corn to fall army-worm and southwestern corn borer. **Crop Science**, v. 29, p. 913 – 915, 1989.
- WILLIAMS, W. P., BUCKLEY, P. M.; DAVIS, F. M. Combining ability in maize for fall armyworm and southwestern corn borer resistance based on a laboratory bioassay for larval growth. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 90, p. 275 - 278, 1995.
- WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; BUCKLEY, P. M. Resistance to southwestern corn borer in corn after anthesis. **Crop Science**, v. 38, p. 1514 – 1517, 1998.
-

- WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; SCOTT, G. E. Resistance of corn to leaf-feeding damage by the fall armyworm. **Crop Science**, v. 18, p. 861 – 863, 1978.
- WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M. Plant resistance to the fall armyworm. **Florida Entomologist**, v. 62, p. 123 – 130, 1979.
- WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M. Plant resistance to insects attacking corn and grain sorghum. **Florida Entomologist**, v. 73, p. 446 – 458, 1990.
- WISEMAN, B. R.; ISENHOUR, D. J. Fall armyworm resistance in progeny of maize plants regenerated via tissue culture. **Florida Entomologist**, v. 74, p. 221 – 228, 1993.
- WISEMAN, B. R.; WIDSTROM, N. W. Comparisong of methods of infesting whorl-stage corn with fall army-worm larvae. **Journal of Economic Entomology**, v. 73, p. 440 – 442, 1980.
- WISEMAN, B. R.; WIDSTROM, N. W. Mechanisms of resistance in Zapalote Chico Corn Silks to Fall Armyworm. **Journal of Economic Entomology**, v. 79, p. 1390 – 1393, 1986.
- WISEMAN, B.R.; WIDSTROM, N.W. Resistance of corn populations to larvae of the corn earworm. **Journal of Economic Entomology**, v. 85, n. 2, p. 601 - 605, 1992.
- WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M.; CAMPBELL, J. E. Mechanical infestation device used in fall armyworm plant resistance programs. **Florida Entomologist**, v. 63, n. 4, p. 87 – 92, 1980.

- WISEMAN, B. R.; DAVIS, F. M.; WILLIAMS, W. P. Fall armyworm: larval density and movement as an indication of nonpreference in resistance corn. **Protocols of Ecology**, v. 5, p. 125 – 141, 1983.
- WISEMAN, B. R.; PAINTER, R. H.; WASSON, C. E. Detecting corn seedlings differences by visual classification of damage by the fall armyworm. **Journal of Economic Entomology**, v. 59, n. 5, p. 1211 - 1214, 1966.
- WISEMAN, B. R.; WASSON, C. E.; PAINTER, R. H. An unusual feeding habit to measure differences in damage to 81 Latin American lines of corn by *Spodoptera frugiperda*. **Agronomy Journal**, v. 59, p. 279 – 281, 1967.
- WISEMAN, B. R.; WIDSTROM, N. W.; MACMILLAN, W. W. Effects of Antigua 2d-118 resistant corn on fall armyworm feeding and survival. **Florida Entomologist**, v. 64, p. 515 – 519, 1981.
- YANG, G.; ISENHOUR, J.; SPELIE, K. E. Activity of maize cuticular lipids in resistance to leaf-feeding by the fall army-worm. **Florida Entomologist**, v. 74, n. 2, p. 229 – 236, 1991.
- YANG, G.; WISEMAN, B. R.; ISENHOUR, J.; SPELIE, K. E. Chemical and ultraestructural analysis of corn cuticular lipids and their effect on feeding by fall army-worm larvae. **Chemical Ecology**, v. 19, p. 2055 – 2074, 1993.