

ADILSON DEITOS

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO  
EM DIFERENTES CONDIÇÕES ECOGEOGRÁFICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

D325c  
2004

Deitos, Adilson, 1976-

Capacidade de combinação de cultivares de milho em  
diferentes condições ecogeográficas / Adilson Deitos. –  
Viçosa : UFV, 2004.  
vii, 41f. : il; 29cm.

Orientador: Glauco Vieira Miranda.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 38-41.

1. Milho – Melhoramento genético. 2. Milho – Dialelo.  
3. Milho – Seleção. 4. Interação genótipo-ambiente. I. Uni-  
versidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 633.153

ADILSON DEITOS

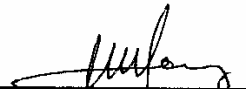
**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE CULTIVARES DE MILHO  
EM DIFERENTES CONDIÇÕES ECOGEOGRÁFICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 13 de fevereiro de 2004.



Prof. João Carlos Cardoso Galvão  
(Conselheiro)



Prof. Moacil Alves de Souza  
(Conselheiro)



Izabel Cristina dos Santos



Waldênia de Melo Moura

  
Prof. Glauco Vieira Miranda  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTO**

A Deus.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Glauco Vieira Miranda, pelo enorme incentivo, pela confiança e amizade.

Aos professores João Carlos Cardoso Galvão e Moacil Alves de Souza, pelo apoio.

À Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina dos Santos, pelas preciosas sugestões.

Aos membros da banca, pelo trabalho dispensado e pelas valiosas sugestões.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, representados por Gino e José Roberto, pela disposição demonstrada na execução das atividades.

Aos colegas do Programa Milho.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	vi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1. Obtenção das combinações híbridas .....	11
3.2. Condução dos ensaios .....	11
3.3. Análises estatísticas .....	13
3.3.1. Análises de variância .....	13
3.3.2. Análises dialélicas .....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
4.1. Análise de variância conjunta .....	18
4.2. Análise dialélica .....	26
5. CONCLUSÕES .....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## RESUMO

DEITOS, Adilson, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004.  
**Capacidade de combinação de cultivares de milho em diferentes condições ecogeográficas.** Orientador: Glauco Vieira Miranda.  
Conselheiros: João Carlos Cardoso Galvão e Moacil Alves de Souza.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a capacidade de combinação de cultivares de milho em diferentes condições ecogeográficas (Cerrado, Zona da Mata e transição entre estas) e identificar a importância da seleção de genitores para otimizar a interação genótipo X ambiente. Foram selecionados como genitores seis cultivares comerciais de milho com produtividade acima de 9 t/ha e avaliada a capacidade de combinação. Para isto, foram obtidas 15 combinações híbridas utilizando o esquema de dialelo completo. Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2002/2003, na Estação Experimental do Aeroporto, Viçosa-MG (Zona da Mata), Estação Experimental CEPET, Capinópolis-MG (Cerrado) e CEDAF, Florestal-MG (Transição). Instalaram-se os ensaios nos meses de outubro, novembro e dezembro. Os 25 cultivares (15 combinações híbridas e os 10 testemunhas) apresentaram efeitos significativos pelo teste de F ( $P < 0,05$ ), evidenciando que os mesmos apresentam comportamentos agrônômicos diferenciados. O desdobramento de cultivares X ambientes, as combinações híbridas X ambientes e as testemunhas X ambientes detectaram significâncias de F ( $P < 0,05$ ) para produtividade de

grãos de planta e espiga, estande final e número de espigas. Entre os seis cultivares avaliados, o AG 1051, com base na média para CGC, apresentou-se como o mais indicado para os três ambientes testados. As maiores estimativas de CGC de produtividade de grãos foram, para Viçosa, AG1051 e AL25; para Capinópolis, D170 e AG4051; e para Florestal, AG1051 e AG4051. Destacou-se, na média para os três ambientes, a combinação AG4051 X AL30 e, especificamente para Viçosa, AL30 X AG1051; para Capinópolis, AG4051 X D170; e para Florestal, AL30 X D170. Portanto, é possível aumentar a produção de milho das diferentes regiões com a capitalização de interação genótipo X ambiente e conseqüente seleção e recombinação de cultivares para microrregiões. Desta forma, ficou evidenciado que produtividades superiores podem ser obtidas com híbridos desenvolvidos para um ambiente específico. Ficou evidenciado neste estudo que a capacidade de combinação está diretamente relacionada com o ambiente e que a magnitude e significância destas e suas interações com os ambientes são indicativos de variabilidade genética dos cultivares que poderão ser utilizados no melhoramento para produção de híbridos. Fica evidente pelo estudo apresentado que o melhorista deve testar suas combinações híbridas em locais que sejam representativos ao qual o plantio do cultivar será recomendado, com o intuito de otimizar a interação genótipo X ambiente.

## ABSTRACT

DEITOS, Adilson, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February of 2004.  
**Capacity of combination to cultivate of maize in deferent's conditions ecogeographical.** Adviser: Glauco Vieira Miranda. Committe members: João Carlos Cardoso Galvão and Moacil Alves de Souza.

The overall objective of this work was to evaluate the combination capacity of cultivar of maize in contrasting econographicals (thick, Zona da Mata de Minas Gerais State and transition between them) and identify the importance of the selection of the genitors to optimize the interaction genotype x environment. Six had been selected as genitors to cultivate commercial of maize with productivity above 9+/ha and evaluated the combination capacity. For such 15 hybrid combinations had been gotten using the complete diallel crosses. The assays had been lead in the agricultural years of 2002/2003, in the Experimental Station of the Airport, Viçosa-MG (Zona da Mata), Experimental Station CEPET, Capinópolis-MG (open pasture) and CEDAF, Florestal-MG (transition). The November months of and December had been installed the assays in. The 25 cultivars, 15 hybrid combinations and testimonials presented significant effects for the test of F ( $P < 0.05$ ) showing that the same ones present differentiated agronomic behavior. The unfolding of Cultivars x Environments (CxA); Hybrid Combination X (HE x) and Witness X Environment (Test X) had detected significances of F ( $P < 0.05$ ) for productivity



of grains, plant heights, final stand and number of ears having shown that the treatments present differentiated behavior. Therefore, it is possible to increase the production of maize of the different regions with the capitalization of interaction genotype x environment and consequence election and recombination of cultivars in micro regions. Of this form he was evidenced that superior productivities can be gotten with hybrids developed for a specific environment. Between the six to cultivate evaluated GAC 1051 was presented in the average for C.G.C. as the most indicated for three tested environments. Between the hybrids combinations evaluated AG4051 x AL30 it got the best performance in the average, revealing apt to the culture in places with similar edafoclimatics conditions to tested environments.

## 1. INTRODUÇÃO

O principal objetivo do melhorista de milho é o desenvolvimento de linhagens que apresentem combinações híbridas com produtividades de grãos superiores ao de cultivares da concorrência. Populações melhoradas podem ser boas fontes de obtenção dessas linhagens e, portanto, a seleção recorrente pode ser considerada como parte integral dos programas de obtenção de híbridos (ARAÚJO & PATERNIANI, 1999).

No desenvolvimento de linhagens, a grande dificuldade está na avaliação para a capacidade de combinação. Davis (1927), citado por HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), propôs o uso de *top-cross* para avaliação de linhagens em estágio inicial de endogamia. Esta avaliação consiste no cruzamento de um grande número de linhagens com um testador comum e com isso posterior avaliação dessas combinações. Assim, reduz o número de linhagens a serem autofecundadas nos ciclos seguintes. Entretanto, a dificuldade da escolha do testador que promova a melhor discriminação entre as linhagens de acordo com os propósitos de seleção é ainda hoje motivo de estudos e discussões.

A principal alternativa adotada pelos melhoristas é a seleção de cultivares de adaptabilidade ampla, possibilitando a indicação de determinado cultivar para diversas regiões. No entanto, devido a amplitude da área de plantio de milho no Brasil, não é possível desenvolver cultivares que otimizem a interação genótipo X ambientes em toda essa extensão. Por isso, em várias

ocasiões são disponibilizados para o comércio de sementes cultivares que não otimizam a interação genótipo X ambiente, principalmente para as regiões sob estresses, sendo este um dos fatores que contribuem para as baixas médias de produtividade e produções obtidas nessas regiões.

Os ambientes são considerados como sendo as variações climáticas, pois as condições de níveis de insumo e tecnologia do agricultor são consideradas constantes e comuns pelas empresas.

Portanto, cultivares desenvolvidos e selecionados em condições ambientais ótimas não se mostram adequados para serem utilizados sem limitações em condições de estresses (CECARELLI, 1996). O ideal é que a avaliação e seleção de cultivares sejam realizadas na região em que eles serão comercializados ou em ambientes semelhantes ao da região de interesse comercial. Diante do exposto, torna-se necessária a caracterização dos ambientes de pesquisa, aproximando-os das verdadeiras condições para as quais serão feitas as indicações dos cultivares.

O melhoramento de milho é convencionalmente realizado por meio da seleção para alta produtividade e da avaliação da estabilidade em vários locais e anos. Nestes programas de melhoramento o custo é alto, o ganho genético é baixo e poucas linhagens são selecionadas, proporcionando uma base genética estreita para a cultura. No entanto, é possível reduzir os custos e o tempo de experimentação simulando variações ambientais em um mesmo local, como, por exemplo, variando níveis de fertilizantes e épocas de semeaduras, ou quaisquer outros fatores que possam ser controlados (RIBEIRO et al., 1999).

Uma das etapas de maior importância dentro do programa de melhoramento de plantas é a seleção de genitores. Existem vários métodos para fazê-la e entre os principais têm-se o comportamento *per se* e a capacidade de combinação, que pode ser desdobrada em capacidade geral e específica de combinação.

Os conceitos de capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), introduzidos por SPRAGUE & TATUM (1942), deu novo enfoque ao uso de *top-cross*, definindo então os testadores como sendo de base genética ampla ou estreita. HALLAUER (1975) resumidamente salientou que um testador adequado deve apresentar

simplicidade no uso, informação que classifique corretamente o mérito relativo das linhagens e maximize o ganho genético. No entanto, salientou o autor que não existe um testador perfeito, o que sempre torna possível a eliminação de linhagens úteis devido ao fato de não apresentarem boa capacidade de combinação com o testador utilizado.

Os esquemas de cruzamentos dialélicos também começaram a ser estudados com base nesses conceitos, sendo desenvolvidos vários métodos de análises. Neste contexto, destacam-se os modelos de GRIFFING (1956) e GARDNER & EBERHART (1966), que permitem conhecer a significância e a magnitude dos efeitos de CGC e CEC, bem como os de heterose e seus componentes, dentro de cada conjunto analisado.

Observa-se grande influência do ambiente sobre a CGC e CEC; como conseqüência, a produtividade dos híbridos derivados dos genitores com alta interação CGC X ambiente será afetada quando cultivado em um ambiente que não se assemelhe ao qual ele foi desenvolvido. Atualmente, na cultura de milho as grandes empresas que operam no setor e que são responsáveis pela grande parte dos híbridos plantados no país desenvolvem cultivares recomendados para regiões ecogeográficas. Isto ocorre por motivos de custo operacional, pois esses cultivares normalmente são testados em alguns ambientes ao qual o melhorista julga serem representativos aos ambientes de plantio pretendido pela empresa. Entretanto, pelo fato das CGC e CEC serem influenciadas pelo ambiente, não é possível otimizar a interação genótipo X ambiente. Como conseqüência, observa-se que pequenas empresas se estabelecem em mercados específicos. Fato este decorrente da demanda por um número maior de híbridos altamente adaptados e com baixo preço de semente, pois maximizam a produtividade por serem plantados em um ambiente específico com menor investimento inicial para aquisição de sementes.

Inicialmente, como proposto por JONES (1918), os híbridos duplos foram os primeiros a serem utilizados em larga escala. Posteriormente, COCKERHAM (1961), relacionando a variabilidade genética expressa entre híbridos, dentro de uma mesma população de referência, demonstrou o maior potencial genético de híbridos simples, seguido dos híbridos triplos e duplos.

Um dos problemas para a produção de híbridos simples diz respeito à produção e às demais características *per se* das linhagens. Já os híbridos de linhagens com endogamia parcial podem ser uma alternativa quando a depressão por endogamia for muito pronunciada, ou também para a substituição de híbridos.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram:

- avaliar a capacidade de combinação de cultivares de milho em diferentes condições ecogeográficas; e
- identificar a importância da seleção de genitores para otimizar a interação genótipo X ambiente.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, diversas instituições públicas e privadas desenvolvem programas de melhoramento do milho. O objetivo principal desses programas é a obtenção de cultivares com alto potencial produtivo. Entretanto, na prática observa-se que a média nacional de produtividade de grãos é de  $3.600 \text{ kg ha}^{-1}$  (AGRIANUAL, 2005), sendo que este modesto desempenho deve-se em grande parte à utilização de sementes de milho não-melhorado, à quantidade de insumo utilizado e ao manejo incorreto da cultura. Em experimentos, produtividades maiores são alcançadas; as médias dos ensaios nacionais de cultivares de milho, coordenados pela Embrapa, estão por volta de  $7 \text{ t.ha}^{-1}$ . Isso se deve ao fato de que os ensaios nacionais são conduzidos utilizando toda a tecnologia disponível e alto nível de insumos.

Os caracteres quantitativos, como a produtividade de grãos, são altamente influenciados pelo ambiente (ALLARD, 1971), e a interação genótipos X ambientes exerce grande influência sobre a expressão desse caractere (COMSTOCK & MOLL, 1963). Desta forma, para a recomendação de cultivares a interação genótipo X ambiente é um dos principais fatores que devem ser considerados.

A utilização da heterose constitui o esquema fundamental de exploração de híbridos, conforme delineado por SHULL (1909). Contudo, esta técnica apenas foi utilizada quando JONES (1918) propôs o uso de híbridos simples para síntese de híbridos duplos. Entre 1920 e 1930, devido ao número reduzido

de linhagens para avaliação, todas as  $n(n-1)/2$  combinações possíveis eram avaliadas (MATZINGER, 1953). Entretanto, à medida que o número de linhagens aumentava no programa de melhoramento, esse procedimento tornou-se inviável.

DAVIS (1927) introduziu o uso de *top-crosses* para avaliação de linhagens endogâmicas. Esse é um tipo de teste de progênie que consiste no cruzamento de uma linhagem com uma variedade para avaliar a capacidade de combinação da linhagem. Assim, em vez de avaliar todas as  $n(n-1)/2$  combinações, são avaliados  $n$  *top-cross*. LINDSTROM (1931) ao verificar que algumas linhagens destacavam-se pelo seu comportamento em determinadas combinações, sugeriu então que fosse utilizado o esquema de *top-cross* para avaliação. JENKINS e BRUSON (1932) encontraram altas correlações entre a produção das linhagens e dos *top-crosses*. O uso de *top-cross* se tornou o método geral para avaliar o comportamento preliminar das linhagens, principalmente para capacidade de combinação.

JENKINS (1934) observou aumento na eficiência na seleção de linhagens para produção, avaliados pelo método de *top-crosses*, devido ao grande número de linhagens que podem ser descartadas com base em um teste preliminar. Assim, torna-se possível a avaliação das linhagens selecionadas em combinações de híbridos simples ou duplos.

BAKTASHET et al. (1981), ao estimar coeficientes de correlação entre *top-crosses* e cruzamentos dialélicos, obtidos do cruzamento de dez linhagens, observaram correlações positivas e significativas entre os *top-crosses* e os híbridos simples para produção de grãos, número de grãos por espiga e comprimento da espiga, indicando que o método de *top-cross* pode ser usado eficientemente na avaliação das linhagens.

A vasta literatura sobre cruzamentos dialélicos no milho permite afirmar que não existe outra espécie em que esse tipo de esquema seja tão utilizado (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1981), pois são utilizados no melhoramento de plantas para estudos básicos sobre a estrutura genética das populações, e para a avaliação do potencial heterótico e da capacidade de combinação.

Existem várias metodologias para a análise e interpretação dos dados obtidos com cruzamentos dialélicos, destacando-se as de HAYMAN (1954); GRIFFING (1956) e GARDNER e EBERHART (1966). Tais metodologias

referem-se ao esquema dialélico completo, nos quais todos os cruzamentos possíveis são realizados para um grupo de materiais (dialelos balanceados).

SPRAGUE e TATUM (1942) criaram dois termos em relação ao comportamento relativo das linhagens cruzadas: capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). De acordo com esses autores, a CGC expressa o comportamento médio de uma linhagem em combinações híbridas e a CEC expressa o comportamento de combinações híbridas específicas, dependendo do que se poderia esperar com base na CGC das linhagens envolvidas.

Segundo os mesmos autores, a CGC reflete um tipo de ação gênica aditiva e é mais importante em materiais não previamente selecionados. A CEC reflete um tipo de ação gênica não-aditiva, como de dominância e a epistasia, tendo em geral, mais importância em genótipos já selecionados com base na capacidade geral de combinação.

Os termos “capacidade geral” e “capacidade específica de combinação” são muitas vezes mal empregados na literatura (KEMPTHORNE, 1966). A capacidade geral de combinação de uma linhagem não é uma propriedade fixa da mesma, pois depende da constituição genética da população utilizada como testador (KEMPTHORNE e CURNOW, 1961). Além disso, GARDNER e EBERHART (1966) mostraram que em um cruzamento dialélico de linhagens ou de variedades, a capacidade geral de combinação de uma delas ( $s_i$ ) depende também de  $h_j$ , um parâmetro que mede a heterose da linhagem quando cruzada com uma mistura de todas as outras, sendo, portanto, função dos efeitos de dominância que se manifestam nos cruzamentos.

GRIFFING (1956) fez um exame detalhado do conceito de capacidade de combinação, em relação aos sistemas de cruzamentos dialélicos, no qual é possível estimar os parâmetros de capacidade geral e específica de combinação. O grande mérito do autor foi o desenvolvimento de uma metodologia que pode ser adaptada a diferentes situações. Assim, como base para classificação, são possíveis quatro métodos experimentais: 1) com  $p$  linhagens genitoras, um grupo de híbridos  $F_1$ , e seus recíprocos (todas as  $p^2$  combinações); 2) com as linhagens paternas, um grupo de híbridos  $F_1$ , mas, faltando seus recíprocos; 3) com os híbridos  $F_1$  e seus recíprocos, faltando as linhagens genitoras; e 4) inclui-se apenas um grupo de híbridos  $F_1$ , faltando



tanto seus recíprocos, como as linhagens genitoras. Cada um destes métodos pode ser analisado, considerando um modelo fixo ou aleatório, dependendo da natureza amostral dos genitores.

A metodologia apresentada por GARDNER e EBERHART (1966) permite obter informações a respeito do potencial genético das cultivares de polinização aberta e de seus respectivos cruzamentos. O modelo apresentado se baseia nos componentes aditivos ( $a_j$ ) e de dominância ( $d_j$ ) e é estabelecido pelos efeitos de médias das variedades ( $v_j$ ) e do componente heterótico ( $h_{ij}$ ), que aparece nos cruzamentos, e que pode ser desdobrado em heterose média ( $h$ ), heterose de variedades ( $h_j$ ) e heterose específica ( $s_{ji}$ ). GARDNER (1967) apresentou fórmulas simplificadas para estimação dos componentes de médias e para análise da variância para um modelo completo e MIRANDA FILHO (1974) forneceu as fórmulas obtidas pelo método dos quadrados mínimos para modelos reduzidos. VENCOVSKY (1970) apresentou um amplo estudo sobre os modelos de GARDNER e EBERHART (1966), mostrando a sua utilização, análise e interpretação de resultados.

Segundo HALLAUER e MIRANDA FILHO (1981), o uso de *top-crosses* ou *test-crosses*, em melhoramento de milho tem os seguintes objetivos: 1) avaliação da capacidade de combinação de linhagens endogâmicas num programa de melhoramento de híbridos; e 2) avaliação do valor genético dos genótipos da população a melhorar.

Para avaliar a capacidade de combinação de uma série de genitores potenciais comumente são utilizados esquemas de cruzamento dialélicos, onde a partir do comportamento das combinações híbridas é possível estimar a capacidade de combinação dos genitores envolvidos. Para análise dos cruzamentos dialélicos existem vários métodos, e os mais empregados na cultura do milho são os métodos de GRIFFING (1956).

Como mencionado anteriormente, os termos CGC e CEC foram utilizados inicialmente por SPRAGUE e TATUM (1942). Segundo os autores, o efeito da CGC expressa o desempenho médio do genitor ( $i$ ) em combinação com  $P$  genitores e a CEC avalia parte da combinação não explicada pela CGC de cada genitor envolvido. Em termos genéticos, diz-se que a estimativa da CGC está associada a genes de efeitos predominantemente aditivos, além do efeito de dominância e algumas interações epistáticas do tipo aditiva X aditiva.

Já a estimativa CEC depende basicamente de efeitos de dominância e outras interações epistáticas que, em geral, são de pequena magnitude e, portanto, são negligenciadas (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Neste processo de obtenção de híbridos, o desempenho *per se* da linhagem que será utilizada como fêmea é extremamente importante. Uma linhagem produtiva usada como fêmea tende a reduzir o custo de produção do híbrido. Esse desempenho é observado em linhagens que possuem alta CGC. Assim, espera-se que na síntese de híbridos de linhagens, pelo menos uma linhagem apresente alta CGC e que em cruzamentos expressem alta CEC.

Resultados na literatura têm mostrado que em geral os efeitos da CGC são, mas expressivos que os efeitos da CEC como fontes de variação, independente do nível de significância. Entretanto, tem sido mostrado que os efeitos CEC podem ser bastante expressivos em combinações híbridas específicas, principalmente entre linhagens pertencentes a grupos heteróticos distintos.

HOEGEMEYER & HALLAUER (1976) estudaram o comportamento de linhagens endogâmicas obtidas por seleção de híbridos “cripticos”, pelo qual as plantas genitoras dos híbridos ( $S_0 \times S_0$ ) foram autofecundadas, obtendo-se as respectivas linhas  $S_1$ . Em seguida, foram autofecundadas as linhas  $S_1$  que deram origem ao híbrido ( $S_1 \times S_1$ ), e assim por diante. No final do processo as linhagens  $S_n$  formaram pares específicos representando os híbridos ( $S_n \times S_n$ ). As linhagens assim selecionadas foram cruzadas segundo o esquema fatorial (5 X 5). Os autores verificaram uma maior frequência de efeitos de CEC positivos e significativos nos híbridos da diagonal, ou seja, nos pares de linhagens selecionadas. Os resultados também demonstraram que os efeitos de CEC podem contribuir expressivamente para a produtividade dos híbridos variando de -1,5 a 0,9 t/ha. STANGLAND et al. (1983) também encontraram efeitos altamente significativos para CEC variando de -0,8 a 1,1 t/ha em híbridos envolvendo linhagens  $S_2$  de diferentes populações.

MARTINS e MIRANDA FILHO (1997) também utilizaram o esquema fatorial para estudar os efeitos da CEC e CGC em linhagens representativas de duas populações de milho. Em seus estudos constataram que nos dez híbridos mais produtivos entre os 120 avaliados, a CEC foi positiva em nove deles, atingindo valores de até 0,84 t/ha, equivalente 10,4% da média do respectivo híbrido.

SILVA (2002) trabalhando com fontes de resistência e controle genético dos enfezamentos de milho cruzou cinco híbridos comerciais de milho em esquema dialélico. Estes híbridos foram avaliados para resistência aos enfezamentos em condições de campo. O autor encontrou significância para tratamentos X locais e CGC X locais, indicando comportamento diferenciado para resistência ao enfezamento de acordo com o local. Neste estudo, os efeitos de CEC e o efeito recíproco não foram significativos.

A exploração dos efeitos de capacidade específica em híbridos deve constituir em um objetivo indispensável para a máxima manifestação dos efeitos gênicos que controlam a produtividade. A detecção e exploração dos efeitos epistáticos também contribuem para a máxima expressão dos efeitos gênicos.

Para obter cultivares adaptados às condições de estresses é importante que a diferença entre os cultivares estejam sob controle genético, que seja herdável e que as populações segregantes possuam variabilidade genética para esta característica. Além disso, para planejar e direcionar a estratégia de desenvolvimento de cultivares é necessário conhecer quais os efeitos gênicos que controlam o caráter.

Em programas comerciais de melhoramento, em que o lançamento de novos cultivares é prioritário, é comum a utilização de linhagens-elite ou híbridos simples como genitores, sendo possível usufruir as vantagens acumuladas ao longo do tempo pela prática do melhoramento de plantas. Isso se deve ao fato de que esses cultivares e suas linhagens parentais já tenham sido amplamente avaliados e, geralmente, apresentarem vantagens agrônômicas em relação aos cultivares não-comerciais (MELO et al., 2001).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Obtenção das combinações híbridas**

Foram selecionados seis cultivares comerciais de milho AG 4051, AL30, AL25, D270, D170 e AG1051, com potencial produtivo acima de 9 t/ha de grãos e pela finalidade de uso para silagem ou milho verde.

Para avaliá-los quanto à capacidade de combinação foram obtidas as combinações híbridas utilizando o esquema de dialelo completo. Os cruzamentos foram feitos no esquema de fileiras pareadas, sendo realizados manualmente planta a planta, de maneira que cada combinação híbrida foi representada por pelo menos 50 espigas. Estes cruzamentos foram realizados na Estação Experimental Diogo Alves de Melo, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no segundo semestre de 2001.

#### **3.2. Condução dos ensaios**

Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2002/2003, na Estação Experimental do Aeroporto, Viçosa-MG, Estação Experimental CEPET, em Capinópolis-MG e CEDAF, em Florestal-MG, sendo todas as três pertencentes à Universidade Federal de Viçosa. Os ensaios conduzidos em

Viçosa foram instalados em outubro 2002, sendo esta a época mais indicada para a semeadura de milho na região da Zona da Mata de Minas Gerais. Os ensaios conduzidos em Capinópolis foram instalados em dezembro de 2002 e em Florestal em novembro de 2002.

Os ensaios em blocos casualizados com três repetições foram compostos com 25 cultivares, sendo 15 combinações híbridas obtidas dos cruzamentos entre os seis genitores e dez testemunhas. As testemunhas foram os híbridos simples D170 e D270, híbrido triplo AG4051, híbrido duplo AG1051, BR201 e os cultivares de polinização aberta UFVM100, UFVM200, AL25, BR106 e AL30.

Tabela 1 – Caracterização das regiões ecogeográficas de condução dos experimentos

<b>Ambiente</b>	<b>Local</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>
Zona da Mata	Viçosa	20°:44':53" (Sul)	42°:49':31" (Oeste)	700
Cerrado	Capinópolis	18°:40':55" (Sul)	49°:34':11" (Oeste)	564
Transição	Florestal	19°:53':22" (Sul)	44°:25':57" (Oeste)	776

Fonte: Disponível em: <<http://planeta.terra.com.br/educacao/Astronomia/latMG.html>>.

O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens. A adubação de semeadura foi realizada utilizando-se 400 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 4-14-8 e a adubação de cobertura, utilizando 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, aplicada no estágio fenológico de seis folhas completamente desenvolvidas. Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

As seguintes características foram avaliadas:

- produtividade de grãos (PG): peso de grãos, em kg/parcela, transformado para kg ha<sup>-1</sup> e corrigido para 13% de umidade;
- altura da planta (AP): medida, em centímetros, da superfície do solo ao ponto de inserção da folha bandeira, em cinco plantas competitivas por parcela após o pendoamento;

- altura da espiga (AE): medida, em cm, da superfície do solo à base da espiga superior no colmo, nas mesmas cinco plantas avaliadas para altura, por parcela após o pendoamento;
- estande final (EF): número de plantas existentes na colheita e;
- número de espigas (NE): número de espigas colhidas em cada parcela.

### 3.3. Análises estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística – Programa Genes, versão Windows (CRUZ, 2001).

#### 3.3.1. Análises de variância

Foram realizadas análises de variância para as características avaliadas em cada ambiente. Foi adotado o modelo estatístico abaixo, onde os efeitos das médias dos tratamentos foram considerados fixos e os demais aleatórios.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

em que

$Y_{ij}$  = valor observado no  $i$ -ésimo cultivar ( $i = 1, 2, \dots, t$ ), no  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, r$ );

$\mu$  = média geral;

$t_i$  = efeito do  $i$ -ésimo cultivar;

$b_j$  = efeito do  $j$ -ésimo bloco; e

$\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório associado à observação  $Y_{ij}$ .

Após ser verificada a homogeneidade das variâncias residuais, utilizando-se a relação de 4:1 entre a maior e a menor variância residual, foram efetuadas as análises conjuntas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + (b/a)_{jk} + t_i + a_j + (ta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = é o valor observado do i-ésimo tratamento (híbridos e testemunhas), no j-ésimo ambiente e no k-ésimo bloco;

$\mu$  = média geral;

$(b/a)_{jk}$  = efeito do bloco k dentro do ambiente j;

$t_i$  = efeito do cultivar (híbrido experimental ou testemunha) i;

$a_j$  = efeito do ambiente j;

$(ta)_{ij}$  = efeito da interação entre o cultivar i e o ambiente j; e

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado à observação ijk.

Os efeitos da média geral e de cultivares foram considerados fixos e os demais aleatórios, sendo que o esquema da análise de variância conjunta pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Esquema da análise de variância conjunta

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos/Ambientes	a(r-1)	SQB	QMB	
Cultivares (C)	t-1	SQT	QMT	QMT/QMTA
Combinações híbridas (CH)	g-1	SQG	QMG	QMG/QMGA
Testemunhas (Test.)	Te - 1	SQTe	QMTe	QMTe/QMTeA
CH vs Test.	1	SQGr	QMGr	QMGR/QMGrA
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
Ambientes (A)	a-1	SQA	QMA	QMA/QMB
C X A	(t-1)(a-1)	SQTA	QMTA	QMTA/QMR
CH X A	(g-1)(a-1)	SQGA	QMGA	QMGA/QMR
Test. X A	(te-1)(a-1)	SQTeA	QMTeA	QMTeA/QMR
(CH vs Test) X A	a-1	SQGrA	QMGrA	QMGrA/QMR
Resíduo	(r-1)(t-1)a	SQR	QMR	
Total	Tra-1	SQTo		

m: Média;  $CV\% = (100 \cdot \sqrt{QMR}) / m$ .

Fonte: CRUZ (2001).

O teste de comparação múltipla de médias empregado foi o de Tukey, a 5% de probabilidade.

### 3.3.2. Análises dialélicas

A metodologia utilizada para estimar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação foi a proposta por GRIFFING (1956), método 2, utilizando as combinações híbridas e os genitores.

Foram realizadas as análises dialélicas em cada ambiente para a característica produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). O modelo genético estatístico empregado foi:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que

$Y_{ij}$  = é a média do cruzamento entre o  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo genitores, sendo  $i \neq j$ .

$\mu$  = média geral;

$G_i$  e  $G_j$  = efeitos da capacidade geral de combinação associados ao  $i$  e  $j$ -ésimo genitor; e

$S_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação entre os genitores  $i$  e  $j$ ;

Neste modelo  $Y_{ij}$  e  $\bar{\epsilon}_{ij}$  são, respectivamente, a média experimental e o erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem  $ij$ .

Também foi realizada a análise dialélica conjunta para a característica produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ). O modelo genético estatístico empregado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + A_k + GA_{ik} + GA_{jk} + SA_{ijk} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

em que

$Y_{ijk}$  = é a média dos híbridos entre o  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo genitores no  $k$ -ésimo ambiente;

$\mu$  = efeito da média geral;



$G_i$  e  $G_j$  = efeitos da capacidade geral de combinação associados ao  $i$  e  $j$ -ésimo genitor;

$S_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação entre os genitores  $i$  e  $j$ ;

$A_k$  = efeito do ambiente  $k$ ;

$GA_{ik} + GA_{jk}$  = efeitos da interação entre a capacidade geral de combinação associados ao  $i$  e  $j$ -ésimo genitor com os ambientes, respectivamente; e

$SA_{ijk}$  = efeito da interação entre a capacidade específica de combinação entre os genitores  $i$  e  $j$  e o ambiente.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, os coeficientes de variação apresentaram valores que variam de 5,81 a 19,47%. Segundo SCAPIM et al. (1995), com base em dados de 66 teses da área de Genética e Melhoramento de Milho, estes valores podem ser classificados como baixos ( < 10%), médios (entre 10 a 22%), alto (de 22 a 28%) e muito alto (quando superior a 28%). Em momento algum o coeficiente de variação experimental ultrapassou 20%, o que evidencia boa precisão experimental. A variação entre os coeficientes de variação para as mesmas características nos três ambientes não apresentou discrepância, fato este que é desejável. SOUZA (2003), trabalhando com capacidade de combinação de milho em ambientes com diferentes graus de estresse climático, observou as menores médias de produtividade e os maiores CV'e para o ambiente com maior grau de estresse, alcançando 27%.

Segundo classificação proposta por SCAPIM et al. (1995), os valores dos coeficientes de variação para Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Floresta-MG podem ser classificados como médios. É esperado que em ambiente sob estresse ocorra elevação do coeficiente de variação, pois em ensaios conduzidos em condições de estresses a influência deste na média é maior em relação à variância residual. Desta forma, a redução de 34% na produtividade em Floresta-MG em relação à Viçosa-MG provavelmente foi provocada pelo estresse climático. Os resultados apresentados concordam com os expostos por FISHER et al. (1982), os quais selecionando famílias da população

Tuxpeno-1, em ambientes favoráveis e sob estresse hídrico, obtiveram no ambiente favorável média de 5.177 kg ha<sup>-1</sup> e CV de 14,6% e no ambiente sob estresse média de 1.324 kg ha<sup>-1</sup> e CV de 32,3%; esses valores representam redução de 75% na média do ambiente sob estresse.

#### **4.1. Análise de variância conjunta**

Os resultados da análise de variância conjunta das combinações híbridas resultantes do cruzamento dos seis genitores mais as dez testemunhas encontram-se na Tabela 3. Quando analisados em conjunto ficaram evidenciadas diferenças significativas entre os 25 cultivares para todas as características avaliadas. As combinações híbridas e as testemunhas apresentaram significância, evidenciando que as mesmas apresentam comportamento diferenciado para a maioria das características. Houve efeito significativo para ambiente, o que implica que os mesmos apresentaram diferenças marcantes. Quanto às interações cultivares X ambientes (TxA); combinações híbridas X ambientes (CH X A) e testemunha X ambiente (Test. X A) houve significância de F ( $P < 0,05$ ) para produtividade de grãos, mostrando que os tratamentos apresentam comportamento diferenciado. Portanto, é possível aumentar a produtividade nas diferentes regiões com a capitalização da interação genótipo X ambiente.

Os resumos das análises de variância individual para as cinco características avaliadas das combinações híbridas e as dez testemunhas são demonstrados nas Tabelas 4, 5 e 6 para os ambientes de Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Floresta-MG respectivamente.

Os efeitos de cultivares e combinações híbridas foram significativos pelo teste de F ( $P < 0,05$ ) para todas as características avaliadas nos três locais. A significância indica que existe pelo menos um contraste entre as médias dos tratamentos significativamente diferente de zero.

Para as combinações híbridas as cinco características analisadas apresentaram significância nos três ambientes, indicando a existência de variabilidade entre elas. Esta variabilidade é indicativa que existe variabilidade genética suficiente para a seleção de genótipos superiores.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE)

Fonte de Variação	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Blocos/Ambientes	6	1.087.179	2.336	637	194	135
Tratamentos (T)	(24)	4.370.613**	889**	712**	443**	400**
Combinações híbridas (CH)	14	1.915.019**	612**	416**	31 <sup>ns</sup>	41 <sup>ns</sup>
Testemunhas (Test.)	9	8.356.285**	1.033*	834*	941*	928*
CH vs Test.	1	2.877.891**	3.468**	3.763**	1736**	676**
Ambientes (A)	2	29.222.443**	37.310*	5.380**	3034**	3.582**
C X A	48	1.905.824*	186 <sup>ns</sup>	159*	153*	80*
CH X A	28	1.839.522*	184 <sup>ns</sup>	155*	44 <sup>ns</sup>	43 <sup>ns</sup>
Test. X A	18	1.802.996*	143 <sup>ns</sup>	76 <sup>ns</sup>	288**	131**
(CH X Test.) X A	2	3.759.526**	609**	961**	455**	138**
Resíduo	144	603.051	167	100	49	30
Total	244					
Média geral		3.970	202,4	109,0	38,5	33,52
Média combinações híbridas		4.063	205,6	112,3	40,8	34,94
Média testemunha		3.832	197,6	104,0	35,1	31,4
CV (%)		19,55	6,39	9,17	18,2	16,52

\*,\*\* significativo, a 5 e 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não-significativo, a 5% pelo teste F.

As testemunhas diferiram estatisticamente para as cinco características nos três locais com exceção para AP e AE em Floresta-MG. Isso mostra o comportamento agrônomico diferenciado entre elas.

Quando analisadas combinações híbridas vs testemunhas, encontram-se diferentes respostas nos ambientes. Em Viçosa-MG são constatadas diferenças significativas entre combinações híbridas e testemunhas para todas as características. Para Capinópolis-MG, observa-se o oposto com todas as cinco características avaliadas com desempenho semelhante entre combinações híbridas e testemunhas. Em Floresta-MG observa-se o comportamento diferenciado entre combinações híbridas e a testemunha para AP, AE, EF e NE.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no experimento realizado em Viçosa-MG

Fonte de Variação	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Blocos	2	326.201	374	246	210	62
Cultivares	(24)	4.242.388*	477**	418**	571**	339*
Combinações híbridas	14	2.589.832**	258*	247**	75**	41*
Testemunhas	9	6.262.403*	684**	461**	1.175**	751**
Comb. híbridas vs. Test.	1	9.198.046**	1.685**	242**	2.069**	802**
Resíduo	44	603.051	167	100	49	30
Média geral		4.672	214,0	114,5	45,9	40,5
Média combinações híbridas		4.958	217,9	119,1	50,2	43,2
Média das Testemunhas		4.243	208,2	107,5	39,5	36,5
CV%		19,47	5,81	8,63	19,96	15,0

\*, \*\* significativo, a 5 e 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não-significativo, a 5% pelo teste F.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância individual para as características: produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no experimento realizado em Capinópolis-MG

Fonte de Variação	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Bloco	2	2.308.038	6355	1528	358	312
Cultivares	(24)	2.173.279**	419**	294**	91*	131**
Combinações híbridas (CH)	14	1.553.708**	370**	263**	35*	52*
Testemunha	9	3.303.811**	535**	375**	186**	266**
CH vs. Testemunhas	1	672.490 <sup>ns</sup>	42 <sup>ns</sup>	0,0088 <sup>ns</sup>	8 <sup>ns</sup>	35 <sup>ns</sup>
Resíduo	144	603.051	167	100	49	30
Média geral		3.760	216	112	34,6	33,2
Média CH		3.683	217,1	113,2	35,0	33,7
Média das Testemunhas		3.877	215,5	113,2	34,3	32,4
CV%		19,25	6,30	8,99	16,10	18,0

\*, \*\* significativo, a 5 e 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não-significativo, a 5% pelo teste F.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância individual para as características: produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no experimento realizado em Floresta-MG

Fonte de Variação	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Bloco	2	627.300	279	138	14	30
Cultivares	(24)	1.766.595**	366**	318**	87*	90**
Combinções Híbridas (CH)	14	1.450.522**	353**	216**	9 <sup>ns</sup>	35 <sup>ns</sup>
Testemunha	9	2.396.062**	99 <sup>ns</sup>	150 <sup>ns</sup>	155**	173**
CH vs. Test,	1	526.406 <sup>ns</sup>	2.959**	3.264**	568**	116**
Resíduo	144	603.051	167	100	49	30
Média geral		3.477	176	98	35	26,7
Média combinações híbridas		3.546	181,8	104,6	37,3	27,7
Média das Testemunhas.		3.375	169,0	91,1	31,7	25,2
CV%		19,42	7,19	10,00	16,57	16,09

\*, \*\* significativo, a 5 e 1% de probabilidade; <sup>ns</sup> não-significativo, a 5% pelo teste F.

Portanto, observa-se o quanto cada cultivar e suas combinações híbridas são influenciadas pelo ambiente, fato demonstrado pelo comportamento distinto das populações. Com base nisto, o melhorista deve estar atento à questão do ambiente, pois altas produtividades em diversos anos exigem cultivares altamente adaptados.

Para o melhorista de milho, a produtividade geralmente é a principal característica a ser trabalhada em programas de melhoramento. Contudo, para a correta avaliação da produtividade o melhorista deve estar atento à interação genótipo X ambiente. ROBERTSON (1959), citado por CRUZ e REGAZZI (1997), dividiu a interação em duas partes, interação simples e complexa. A interação simples deve-se às diferenças de variabilidade entre os genótipos nos ambientes, de tal forma que a posição dos genótipos não é alterada. Este tipo de alteração não proporciona problemas ao melhorista, uma vez que o genótipo mais produtivo em um ambiente também será em outro. A segunda é decorrente da falta de correlação entre os genótipos, desta forma os genótipos apresentam diferentes respostas em diferentes ambientes.

Na média geral, o genitor mais produtivo foi o genitor AG1051 (5.217 kg ha<sup>-1</sup>), seguido por D170 (4.440 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 7). As combinações híbridas mais produtivas em relação às médias dos três ambientes testados foram AG4051 X AL30 (4.558 kg ha<sup>-1</sup>), D170 X AG1051 (4.517 kg ha<sup>-1</sup>) e AG4051 X AG 1051 (4.460 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 7).

Tabela 7 – Médias das combinações híbridas e testemunhas para produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) nos três ambientes

<b>Cultivares</b>	<b>PG</b>	<b>AP</b>	<b>AE</b>	<b>EF</b>	<b>NE</b>
AG1051 (T)	5.217	201,7	115,3	45,6	40,8
AG4051 X AL30	4.558	216,8	125,1	41,2	36,2
D170 X AG1051	4.517	211,8	110,8	41,3	35,7
AG4051 X AG1051	4.460	195,8	105,2	41,1	34,4
D170 (T)	4.440	213,7	116,1	38,7	34,7
AL25 (T)	4.438	199,5	102,4	41,0	37,0
AG4051 X AL25	4.370	200,5	114,6	41,3	36,1
AG4051 X D170	4.362	203,7	113,1	41,7	37,1
D270 X AG1051	4.314	210,6	112,0	44,1	38,6
AL25 X D270	4.301	209,5	117,7	40,5	35,3
BR201 (T)	4.270	192,4	95,1	44,3	41,8
AG4051 (T)	4.232	198,4	103,7	31,4	29,6
AL25 X AG1051	4.122	195,3	101,1	38,5	31,6
AL25 X D170	4.008	195,0	105,8	39,6	32,5
AL30 X D270	3.965	211,6	116,1	38,0	35,3
AL30 X D170	3.947	218,6	120,0	44,2	37,0
D270 X D170	3.920	203,4	107,5	41,4	35,6
D270 (T)	3.843	199,4	98,5	45,2	34,2
BR106 (T)	3.797	206,3	117,1	35,6	39,1
AG4051 X D270	3.715	210,4	121,1	41,7	34,4
AL30 X AG1051	3.622	207,6	109,6	37,8	32,6
UFVM100	3.453	192,1	98,2	33,5	27,7
AL30	2.857	199,2	105,1	17,6	17,4
AL30 X AL25	2.759	192,7	105,3	39,8	31,1
UFVM200	1.770	172,8	88,4	18,5	11,2
Média	3.970	202,0	108,0	38,5	33,4

Em Viçosa-MG, as melhores combinações híbridas foram AG4051 X AG1051 (6.244 kg ha<sup>-1</sup>), AL25 X AG1051(5.814 kg ha<sup>-1</sup>) e D170 X AG1051 (5.808 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 8). As melhores produtividades destas combinações híbridas revelam a melhor adaptação dos genótipos ao ambiente de Viçosa-MG.

Tabela 8 – Médias das combinações híbridas e testemunhas para produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no experimento realizado em Viçosa-MG

<b>Cultivares</b>	<b>PG</b>	<b>AP</b>	<b>AE</b>	<b>EF</b>	<b>NE</b>
AG4051 X AG1051	6.244	220	123	48,0	40,6
AL25 X AG1051	5.814	214	108	41,6	39,3
D170 X AG1051	5.808	220	120	49,6	44,0
AG4051 X AL25	5.696	216	119	56,6	47,0
D270 X AG1051	5.665	221	116	56,0	48,0
AL25 (T)	5.621	219	112	56,6	47,0
AG4051 X AL30	5.544	229	126	53,0	49,3
AG1051 (T)	5.467	211	124	58,6	50,0
AL25 X D170	5.450	212	116	47,6	41,6
AL30 X AG1051	5.353	217	111	46,6	49,0
AL25 X D270	5.202	212	125	49,3	42,6
BR201 (T)	5.053	197	97	57,6	56,3
D170 (T)	5.049	228	116	44,0	41,6
AG4051 (T)	5.048	210	108	31,6	32,0
D270 (T)	4.454	214	106	61,6	44,6
UFVM100 (T)	4.395	200	100	31,6	32,0
AL30 X D270	4.386	234	132	40,0	39,0
AG4051 X D170	4.337	206	110	50,3	40,0
AG4051 X D270	4.141	218	127	51,6	38,3
BR106 (T)	4.010	219	118	35,3	42,0
AL30 X AL25	3.671	200	104	52,6	44,3
AL30 X D170	3.664	233	134	57,6	44,3
D270 X D170	3.403	212	110	52,3	41,0
AL30 (T)	1.859	208	111	7,6	9,3
UFVM200 (T)	1.480	173	80	10,0	10,6
<b>Média</b>	<b>4.672</b>	<b>213</b>	<b>114</b>	<b>45,8</b>	<b>40,5</b>



Em Capinópolis-MG (Tabela 9), diferentemente de Viçosa-MG, os cultivares D170 e AG1051 com 5.327 e 4.927 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, foram os genitores que apresentaram maior adaptação ao ambiente.

Tabela 9 – Médias das combinações híbridas e testemunhas para produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no experimento realizado em Capinópolis–MG

<b>Cultivares</b>	<b>PG</b>	<b>AP</b>	<b>AE</b>	<b>EF</b>	<b>NE</b>
D170 (T)	5.327	241	130	42,3	40,3
AG1051 (T)	4.927	224	124	39,3	37,6
AG4051 X D170	4.787	224	124	38,3	42,6
AG4051 (T)	4.502	216	111	32,3	30,6
D270 X D170	4.451	215	111	38	37,3
BR106 (T)	4.420	224	131	36,6	44,3
D170 X AG1051	4.391	221	107	37,6	35,3
AG4051 X AL30	4.168	233	125	31,6	31,3
AL25 X D270	4.164	227	125	33,6	34,6
AL30 (T)	4.082	218	110	32	30,6
AL25 X D170	4.076	215	108	33	33,6
AL30 X D170	4.050	224	108	33,6	35,3
BR201 (T)	3.871	207	104	38,6	37,6
AG4051 X D270	3.821	224	122	38	37,3
AL25 (T)	3.787	212	106	36,3	34,3
AL30 X D270	3.696	223	110	36,3	37
D270 X AG1051	3.351	215	110	39,3	35
AG4051 X AG 1051	3.248	191	94	39,3	33
AL25 X AG1051	3.181	204	100	35,3	29
D270 (T)	3.113	214	105	38,6	31
UFVM100	3.020	206	107	33	27,3
AL30 X AG1051	2.994	224	122	31,3	27
AG4051 X AL25	2.564	205	117	28,6	30,6
AL30 X AL25	2.310	206	111	30,6	27,6
UFVM200 (T)	1.720	191	102	14	10
Média	3.760	216	112	34,6	33,2

Em Florestal-MG, considerando a média de produtividade (Tabela 10) observa-se que entre os genitores destaca-se AG1051 com 5.259 kg ha<sup>-1</sup>. Neste ambiente merece destaque as combinações híbridas AG4051 X AL25 e AL30 X D170.

Tabela 10 – Médias das combinações híbridas e testemunhas para produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no experimento realizado em Florestal-MG

<b>Cultivares</b>	<b>PG</b>	<b>AP</b>	<b>AE</b>	<b>EF</b>	<b>NE</b>
AG1051	5.259	170	97	39	35
AG4051 X AL25	4.851	180	108	38,6	30,6
AL30 X D170	4.129	198	116	41,3	31,3
AG4051 X AL30	3.962	188	123	39	28
AG4051 X D170	3.962	180	104	36,6	28,6
D270	3.962	170	84	35,3	27
D270 X AG1051	3.926	194	109	37	33
D270 X D170	3.907	182	101	34	28,6
AL25	3.907	166	89	30	29,6
AG4051 X AG 1051	3.889	176	98	36	29,6
BR201	3.888	172	83	36,6	31,6
AL30 X D270	3.814	178	105	37,6	30
AL25 X D270	3.536	189	102	38,6	28,6
AL25 X AG1051	3.370	167	94	38,6	26,6
D170 X AG1051	3.351	194	104	36,6	28
AG4051 X D270	3.185	188	113	35,6	27,6
AG4051	3.147	168	91	30,3	26,3
BR106	2.962	175	101	35	31
D170	2.944	172	101	30	22,3
UFVM100	2.944	170	86	36	24
AL30	2.629	170	94	13,3	12,3
AL30 X AG1051	2.518	181	95	35,6	22
AL25 X D170	2.499	158	93	38,3	22,3
AL30 X AL25	2.296	171	100	36,3	21,3
UFVM200	2.111	154	82	31,6	13
Média	3.477	176	98	35	26,7

## 4.2. Análise dialélica

O resumo da análise dialélica conjunta envolvendo os três ambientes para a produtividade de grãos, altura de planta, altura de espiga, estande final e número de espiga está apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo da análise dialélica conjunta entre seis genitores em três locais para produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE)

Fonte de Variação	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Combinação Híbrid. (CH)	20	2.747.762*	530*	465*	311*	191*
CGC	5	6.265.343**	639**	262**	553**	320**
CEC	15	1.575.235**	494*	533*	230*	149**
Ambiente	2	28.363.810**	32.561**	4.471**	3.513**	3.304**
CH X Ambiente	40	2.061.156*	197*	147*	118*	75*
CGC X Ambiente	10	3.522.429**	87 <sup>ns</sup>	33 <sup>ns</sup>	110**	85**
CEC X Ambiente	30	1.574.065**	234 <sup>ns</sup>	185**	121**	72**
Resíduo	144	603.038	167	100	49	30

\*, \*\* significativo, a 1 e 5% de probabilidade; <sup>ns</sup> não-significativo, a 5% pelo teste F.

Os efeitos de capacidade geral específica de combinação foram significativos para todas as características. Observando os valores de capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação para as características avaliadas nota-se que exceto para altura de espiga, os valores de capacidade geral de combinação são superiores aos da capacidade específica de combinação. Semelhante ao resultado encontrado neste trabalho, PEREIRA (1978) e CRUZ (1983) observaram a superioridade dos efeitos de capacidade geral de combinação em seus estudos. É indicado que o melhorista utiliza na síntese de híbridos pelo menos uma população com boa capacidade geral de combinação, desta forma aumenta a probabilidade do melhorista encontrar combinações com potencial produtivo (CRUZ e REGAZZI, 1997). A significância da CGC indica que os genitores diferiram entre si na frequência de

alelos favoráveis, existindo genitores com maior possibilidade de formar populações híbridas mais produtivas. A CEC significativa indica que alguns híbridos F1's apresentaram desempenho superior, ou inferior, ao previsto pela CGC.

Para a interação combinações híbridas X ambientes foram constatadas diferenças significativas, o que indica que houve mudanças no desempenho dos genitores nos três locais. Para capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) foram observadas diferenças significativas tanto para a CGC ( $p < 0,01$ ) quanto para a CEC X A ( $p < 0,01$ ), para PG, EF e NE e somente para CEC X A para AE. As estimativas das capacidades gerais de combinação para produção de grãos para os três ambientes avaliados estão representadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Estimativas da capacidade geral de combinação para a característica produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) nos experimentos realizados em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Genitores</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG 4051	262,389	74,36	154	159,301
AL 30	-952,651	-201,806	-379,638	-511,365
AL25	389,43	-391,055	-81,015	-27,547
D270	-281,736	-160,889	159,737	-94,296
D170	-149,86	676,611	-159,765	122,329
AG1051	732,429	2,779	319,527	351,578

As significâncias para as interações CGC X ambiente (Tabela 17) para PG, EF e NE indicam que os efeitos gênicos aditivos são diferentes entre os genitores para cada ambiente. Assim, a otimização da produtividade depende da escolha do genitor com efeito CGC para cada local. Com as maiores estimativas de CGC destacam-se (Tabela 12) para Viçosa-MG, AG1051 e AL25; para Capinópolis, D170 e AG4051; e para Florestal, AG1051 e AG4051. Dessa forma, cada ambiente, diferentes populações podem ser formadas para otimizar a produtividade.

Para altura de plantas e espigas, as interações CGC X A foram não-significativas, indicando que a variabilidade genética presente é comum a todos os genitores (Tabelas 13, 14 e 15). Neste caso, será necessário o cruzamento com o outro genitor possuindo alelos para a redução de altura.

Tabela 13 – Estimativas da capacidade geral de combinação para a característica altura de planta (AP, cm), em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Genitores</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG 4051	-1,18	-1,901	0,195	-0,962
AL30	1,402	2,639	1,194	1,745
AL25	-3,222	-5,654	-6,056	-4,977
D270	0,82	0,846	3,028	1,565
D170	2,611	6,93	1,028	3,523
AG1051	-0,43	-2,86	0,61	-0,893

Tabela 14 – Estimativas da capacidade geral de combinação para a característica altura de espiga (AE, cm) em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Híbridos</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051	0,307	1,291	2,583	1,393
AL30	1,097	0,542	2,417	1,352
AL25	-2,986	-2,667	-4,083	-3,245
D270	0,305	-0,792	-1	-0,495
D170	0,43	3,083	1,75	1,755
AG 1051	0,847	-1,458	-1,667	-0,759

Tabela 15 – Estimativas da capacidade geral de combinação para a característica estande final (EF) em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Híbridos</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051	-1,861	-1	0,07	-0,931
AL30	-9,069	-2,624	-3,682	-5,125
AL25	2,931	-1,833	0,57	0,556
D270	4,346	1,751	0,945	2,347
D170	0,971	2,083	0,111	1,055
AG1051	2,681	1,623	1,987	2,097

Tabela 16 – Estimativas da capacidade geral de combinação para a característica número de espigas (NE) em Viçosa-MG, Capinópolis MG e Florestal-MG

<b>Genitores</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051	-1,473	-0,11	0,945	-,213
AL30	-5,808	-2,194	-4,058	-4,02
AL25	2,236	-1,61	-0,096	0,177
D270	0,904	0,763	1,529	1,065
D170	0,404	3,471	-0,765	1,037
AG1051	3,736	-,319	2,445	1,954

A significância de CGC X A para estante final pode estar relacionada à qualidade fisiológica e sanitária das sementes, uma vez que todas foram produzidas e armazenadas em condições semelhantes e tratadas com fungicidas e inseticidas no plantio. Assim, os genitores que se destacaram em Viçosa foram D270 e AL25, em Capinópolis D170 e D270 e em Florestal AG1051 e D260.

O número de espigas por parcela foi significativo para interação CGC X A, mostrando o controle genético diferenciado dos genitores de acordo com o ambiente. Destacaram-se para Viçosa AG1051 e AL20; para Capinópolis D170 e D270; e para Florestal AG1051 e D270.

A significância observada para a interação CEC X ambientes (Tabela 11) mostra que a atuação dos efeitos gênicos não-aditivos e a capacidade específica de combinação foram influenciadas de forma significativa pelas alterações ambientais. Desta forma, o desenvolvimento de híbridos e a aplicação dos métodos de melhoramento interpopulacionais apresentam importância. Os resultados encontrados concordam com os apresentados por CARDWELL (1982), o qual relata que grande contribuição no aumento de produtividade de milho em Minnesota foi devido à utilização do milho híbrido, deixando evidente que o híbrido pode ser produtivo tanto nas condições favoráveis como desfavoráveis.

A partir das estimativas dos efeitos das capacidades de combinações e médias de produtividade de grãos, duas alternativas podem ser utilizadas para

a seleção dos genitores. A primeira seria considerar as médias gerais das estimativas dos efeitos de CGC e CEC e da produtividade de grãos, obtidas pelas combinações híbridas em todos os ambientes. A outra seria considerar as médias das estimativas desses parâmetros genéticos em cada ambiente.

Quando se consideram as médias de CEC para cada ambiente observa-se que as combinações híbridas mais indicadas podem mudar para cada característica e também para cada ambiente. Desta forma, uma combinação híbrida que possui alta CEC em um determinado ambiente pode não apresentar o desempenho esperado em outro ambiente.

A principal característica de valor econômico avaliada foi a produtividade de grãos. Na média, para os três ambientes, a combinação AG4051 X AL30 apresentou-se com a maior estimativa média (Tabela 17). O uso desta combinação híbrida é possível quando o melhorista está pensando em um híbrido para recomendação em grandes regiões. Entretanto, se o programa de melhoramento tiver como objetivo maximizar o potencial produtivo, com base na CEC para produção de grãos, combinações específicas devem ser desenvolvidas para cada ambiente. Para Viçosa-MG, a combinação AG4051 X AL30 com estimativas de CGC positiva para AG405 e de CEC igual a 1.383,47 e produtividade de grãos de 5.544 kg ha<sup>-1</sup> e AL30 X AG1051 com CGC alta para AG1051, com CEC de 769,598 e média de produtividade de 4.386 ha<sup>-1</sup> são as combinações mais indicadas.

Entretanto, em Capinópolis-MG a maior estimativa de CEC ocorreu para AL25 X D270 com 859,598, mas ambos genitores apresentaram baixas estimativas de CGC. Neste caso, as combinações mais produtivas não foram as que apresentaram os valores mais elevados para capacidades geral e específica de combinação. As maiores produtividades foram obtidas com AG4051 X D170 (4.787 kg ha<sup>-1</sup>) e D270 X D170 (4.451 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 9). As duas combinações mais produtivas são compostas pelo D170 com alta estimativa de CGC. Essa aparente contradição é explicada quando analisamos a capacidade geral de combinação (Tabela 17). Entre as seis cultivares a cultivar D170 possui capacidade de combinação muito superior as demais cultivares para Capinópolis-MG. Desta forma a cultivar D170 apesar de não ter apresentado a maior capacidade específica de combinação quando combinada com AG4051 obteve a maior produtividade entre as combinações híbridas com

Tabela 17 – Estimativas da capacidade específica de combinação para a característica produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) nos experimentos realizados em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Combinações Híbridas</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051 X AG4051	-328,238	496,594	-708,512	-180,052
AG4051 X AL30	1.383,473	438,761	627,28	816,504
AG4051 X AL25	193,051	-975,991	1217,657	144,906
AG4051 X D270	-691,113	50,513	-689,765	-443,455
AG4051 X D170	-626,989	179,683	407,407	-13,300
AG4051 X AG 1051	398,052	-686,154	-145,555	-144,552
AL30 X AL30	-1.086,48	629,267	-184,927	-214,049
AL30 X AL25	-617,239	-954,154	-817,221	-796,205
AL30 X D270	769,598	202,009	460,698	477,435
AL30 X D170	-84,949	-281,491	1094,529	242,697
AL30 X AG1051	722,093	-663,658	-995,432	-312,333
AL25 X AL25	-9,32	712,094	495,485	399,420
AL25 X D270	242,846	859,598	-115,926	328,839
AL25 X D170	358,97	-66,572	-833,425	-180,342
AL25 X AG1051	-158,989	-287,069	-442,056	-296,038
D270 X D270	166,342	-421,908	69,323	-62,081
D270 X D170	-1.016,86	78,932	333,484	-201,483
D270 X AG1051	362,848	-347,236	-127,137	-37,175
D170 X D170	497,93	117,092	-310,015	101,669
D170 X AG1051	373,971	-144,736	-381,966	-50,910
AG1051 X AG1051	-848,988	1.064,427	1.046,073	420,504

4.787 kg ha<sup>-1</sup>. Esta produtividade foi inferior às produtividades obtidas por D170 e AG1051, com 5.327kg ha<sup>-1</sup> e 4.927 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para Florestal-MG, as cultivares que apresentaram a maior capacidade específica de combinação combinações híbridas foram AG4051 X AL25 (4.851 kg ha<sup>-1</sup>), AL30 X D170 (5.259 kg ha<sup>-1</sup>). Porém, somente a primeira combinação híbrida apresenta um genitor com maior estimativa de CGC.

Ao fazer a comparação sobre as combinações híbridas nos diferentes ambientes fica evidente a resposta diferenciada. Na média geral para produção de grãos, os valores mais elevados foram encontrados para os cultivares AG1051 e AG4051. Pode-se optar para síntese de populações que possuam boa capacidade geral de combinação. Desta forma, torna-se mais fácil



encontrar outra população para otimizar a heterose. Para a obtenção de um híbrido adequado para os três ambientes, a escolha da população derivada do AG1051 ou 4051 pode ser melhorada por seleção recorrente recíproca com a população AL30 que otimiza a heterose. Já a média da capacidade de combinação específica para produção de grãos nos três ambientes é melhor representada por AG4051 X AL30 e AL30 X D270 (Tabela 17).

Para altura de planta, os híbridos AG4051 X AG1051, AG4051 X D170, AL30 X AL25 E AL25 X D270 apresentam as menores CEC (Tabela 18). Destes, o híbrido AG4051 X AG1051 apresentou produtividade superior a média. Os híbridos que originaram esta combinação são promissores para reduzir a altura de planta e aumentar a produtividade.

Tabela 18 – Estimativas da capacidade específica de combinação para a característica altura de planta (AP, cm), nos experimento realizados em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Combinações Híbridas</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051 X AG4051	-4,798	2,203	-10,07	-4,222
AG4051 X AL30	11,949	14,323	8,261	11,511
AG4051 X AL25	3,243	-5,715	8,181	1,903
AG4051 X D270	1,872	7,455	6,427	5,251
AG4051 X D170	-11,919	1,371	0,427	-3,374
AG4051 X AG 1051	4,452	-21,839	-3,155	-6,847
AL30 X AL30	-11,293	-5,217	-10,068	-8,86
AL30 X AL25	-15,009	-8,585	-2,158	-8,584
AL30 X D270	14,619	1,245	-4,572	3,764
AL30 X D170	12,158	-3,169	17,428	8,806
AL30 X AG1051	-1,131	6,621	1,176	2,222
AL25 X AL25	8,954	5,368	0,432	4,918
AL25 X D270	-2,757	13,868	14,008	8,373
AL25 X D170	-4,548	-4,546	-15,322	-8,139
AL25 X AG1051	1,163	-5,756	-5,574	-3,389
D270 X D270	-4,798	-5,632	-14,405	-8,279
D270 X D170	-8,259	-10,716	0,265	-6,237
D270 X AG1051	4,122	-0,586	12,682	5,406
D170 X D170	5,619	9,2	-8,405	2,138
D170 X AG1051	1,331	-1,34	14,012	4,668
AG1051 X AG1051	-4,968	11,45	-9,57	-1,03

Tabela 19 – Estimativas da capacidade específica de combinação para a característica altura de espiga (AE, cm) em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Combinações Híbridas</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051 X AG4051	-9,404	-4,871	-15,168	-9,814
AG4051 X AL30	7,466	10,218	16,998	11,561
AG4051 X AL25	4,218	4,757	8,168	5,714
AG4051 X D270	9,597	8,212	10,414	9,408
AG4051 X D170	-7,528	6,007	-0,996	-0,839
AG4051 X AG 1051	5,056	-19,452	-4,248	-6,215
AL30 X AL30	-8,654	-4,373	-12,166	-8,398
AL30 X AL25	-10,90	-0,164	0,334	-3,577
AL30 X D270	13,467	-2,699	2,581	4,449
AL30 X D170	15,682	-8,574	11,171	6,093
AL30 X AG1051	-8,404	9,967	-6,752	-1,73
AL25 X AL25	0,511	-2,286	-3,836	-1,87
AL25 X D270	10,889	14,839	6,421	10,716
AL25 X D170	1,424	-6,036	-5,67	-3,427
AL25 X AG1051	-6,652	-8,824	-1,582	-5,686
D270 X D270	-12,07	-7,036	-14,663	-11,257
D270 X D170	-7,867	-4,911	-0,753	-4,51
D270 X AG1051	-1,943	-1,369	10,664	2,451
D170 X D170	-1,652	10,544	-3,503	1,796
D170 X AG1051	1,592	-7,574	3,254	-0,909
AG1051 X AG1051	5,176	13,627	-0,668	6,045

Para altura de espiga, mostram-se como mais adequadas as combinações híbridas AG4051 X AG1051 e AL25 X AG1051 com CEC de -6,2 e -5,6 respectivamente (Tabela 19). A combinação AG4051 X AG1051 apresenta altura de espiga média de 105,2cm, a combinação AL25 X AG4051 possui uma altura média de 114,6 cm. Para estande final as combinações híbridas AL30 X D170; AG4051 X AL30 e AL30 X AL25 foram as que apresentaram as melhores CEC com 8,6; 7,6 e 4,8 respectivamente (Tabela 20). O estande final destas combinações foi superior à média dos experimentos.

Tabela 20 – Estimativas da capacidade específica de combinação para a característica estande final (EF) em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Combinações Híbridas</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051 X AG4051	-12,879	-1,193	-4,968	-6,347
AG4051 X AL30	15,659	-0,229	7,453	7,628
AG4051 X AL25	7,329	-4,02	2,872	2,06
AG4051 X D270	0,914	1,726	-0,503	0,712
AG4051 X D170	2,949	1,724	1,331	2,001
AG4051 X AG 1051	-1,091	3,184	-1,216	0,292
AL30 X AL30	-22,46	1,725	-14,466	-11,735
AL30 X AL25	10,536	-0,396	4,283	4,808
AL30 X D270	-3,549	1,68	5,248	1,126
AL30 X D170	17,496	-1,312	9,742	8,642
AL30 X AG1051	4,786	-3,192	2,206	1,266
AL25 X AL25	2,536	4,473	-6,298	0,237
AL25 X D270	-6,219	-1,771	1,997	-1,998
AL25 X D170	-4,504	-2,774	2,491	-1,596
AL25 X AG1051	-12,21	0,016	0,954	-3,748
D270 X D270	4,706	-0,355	-1,718	0,878
D270 X D170	-1,259	-1,358	-2,214	-1,61
D270 X AG1051	0,701	0,433	-1,091	0,014
D170 X D170	-6,214	2,64	-5,381	-2,985
D170 X AG1051	-2,254	-1,56	-0,587	-1,467
AG1051 X AG1051	5,036	0,56	-0,133	1,821

As combinações AG4051 X AL30; AL30 X D170 e AL30 X D270 são as combinações com maiores CEC para número de espigas (Tabela 21). Quando analisadas as médias em cada ambiente e não apenas a média geral, observa-se que em Viçosa-MG as combinações híbridas AG4051 X AL30, AL30 X AG1051 e AL30 X D170 alcançaram as maiores estimativas de CEC; entretanto, as médias de produtividade de grãos não foram superiores à média para combinação híbrida AL30 X AG1051, combinação esta que teve a segunda maior média de CEC. Observa-se que o híbrido teve rendimento abaixo da média, sendo que esse desempenho inferior à média ocorreu em duas das três repetições nos experimentos instalados em Viçosa-MG.

Tabela 21 – Estimativas da capacidade específica de combinação para a característica número de espigas (NE) em Viçosa-MG, Capinópolis-MG e Florestal-MG

<b>Combinações Híbridas</b>	<b>Viçosa</b>	<b>Capinópolis</b>	<b>Florestal</b>	<b>Média</b>
AG4051 X AG4051	-6,642	-2,998	-2,671	-4,104
AG4051 X AL30	15,023	-0,254	4,001	6,256
AG4051 X AL25	4,649	-1,498	2,71	1,954
AG4051 X D270	-2,688	2,788	-1,915	-0,605
AG4051 X D170	-0,518	5,421	1,379	2,094
AG4051 X AG 1051	-3,181	-0,459	-0,831	-1,491
AL30 X AL30	-20,64	1,169	-6,666	-8,713
AL30 X AL25	6,314	-2,414	-1,628	0,757
AL30 X D270	2,317	4,542	5,417	4,092
AL30 X D170	8,147	0,164	9,041	5,784
AL30 X AG1051	9,484	-4,376	-3,499	0,536
AL25 X AL25	0,94	3,662	2,751	2,451
AL25 X D270	-2,057	1,628	0,126	-0,101
AL25 X D170	-2,557	-2,079	-3,92	-2,852
AL25 X AG1051	-8,23	-2,959	-2,79	-4,66
D270 X D270	1,276	-4,416	-3,169	-2,103
D270 X D170	-1,895	-0,793	0,795	-0,631
D270 X AG1051	1,773	0,667	1,915	1,451
D170 X D170	-0,725	-0,501	-3,251	-1,492
D170 X AG1051	-1,727	-1,711	-0,791	-1,41
AG1051 X AG1051	0,94	4,419	2,999	2,786

Na média geral, AG1051 e AL25 são as cultivares com maior capacidade geral de combinação para estande final e número de espigas; sendo que AG4051 X AL30, AL30 X D170 são combinações comuns em relação à média da capacidade específica de combinação.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a capacidade de combinação de cultivares de milho em ambientes contrastantes. Foram selecionados seis cultivares comerciais de milho com potencial produtivo satisfatório, em que foi avaliada a capacidade de combinação. Para tal, foram obtidas combinações híbridas utilizando o esquema de dialelo completo. Os ensaios foram conduzidos nos anos agrícolas de 2002/2003, na Estação Experimental do Aeroporto, Viçosa-MG (Zona da Mata), Estação Experimental CEPET, Capinópolis-MG (Cerrado) e CEDAF, Florestal-MG (Transição). Os ensaios foram instalados entre os meses de novembro e dezembro. As combinações híbridas, quando analisadas em conjunto, apresentaram diferenças significativas entre os 25 tratamentos para todas as características avaliadas. Também, os híbridos experimentais foram significativos pelo teste de F ( $P < 0,05$ ), mostrando que os mesmos apresentam comportamento agrônômico diferenciado. O desdobramento de tratamentos X ambientes (TxA), híbridos experimentais X ambientes (HE X A) e testemunha X ambiente (Test. X A) detectou significâncias de F ( $P < 0,05$ ) para produtividade de grãos, alturas de plantas e espiga, estande final e número de espigas. Os resultados obtidos nas condições do presente trabalho permitem apontar as seguintes conclusões:

- A seleção de genitores deve ser específica para cada condição edafoclimática para otimizar a interação genótipo X ambiente.

- Existe variabilidade genética entre híbridos comerciais de milho que podem ser utilizados em programas de melhoramento.

- A magnitude e a significância das capacidades geral e específica de combinações e suas interações com os ambientes são indicativos de variabilidade genética das populações que poderão ser utilizadas no melhoramento.

- O melhorista deve testar suas combinações híbridas em locais que sejam representativos aos locais ao qual o plantio do cultivar será recomendado, com o intuito de otimizar a interação genótipo ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2005. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo-SP: FNP Consultoria & Comércio, 2005. 535 p.

ALLARD, R. W. **Princípios de melhoramento genético de plantas**. Rio de Janeiro: USAID – Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional, 1971. 381 p.

ARAÚJO, P. M.; PATERNIANI, E. Melhoramento de populações. In: DESTRO, D.; R. MONTALVÁN (Org.) **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: Editora UEL, 1999, cap. 23, p. 311-30.

BAKTASHET, F. Y.; YOUNIS, M. A.; AL-YOUNIS, A. H.; AL-ITHAWI, B. A. Correlation coefficients between top-crosses and diallel crosses in corn (*Zea mays*). **Mesopotamia Journal of Agriculture**, v. 16, p. 51-8, 1981.

DAVIS, R. L. Report of plant breeder. **Puerto Rico Agr. Exp. Sta. Ann. Report**, p. 14-5, 1927.

CARDWELL, V. B. Fifty years of Minnesota corn production: Sources of yield increase. **Agronomy Journal**, v.74, November-December, p. 984-990, 1982.

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

COMSTOCK, R. E.; MOLL, R. H. Genotype X environment interactions. In: HANSON, W. D.; RODINSON, H. F. (Ed.). **Statistics and plant breeding**. Washington: National Academy of Sciences, p.165-196, 1963.

- CECCARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. **Euphytica**, v. 92, p. 203-214, 1996.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows. Viçosa-MG: UFV, 2001. 442 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 1997. 390 p.
- FISCHER, K. S.; JOHNSON, E. C.; EDMEADES, G. O. Breeding and selection for drought resistance in tropical maize. **CIMMYT**, p. 1-16, 1982.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v. 22, p. 439-52, 1966.
- GARDNER, C. O. Simplified methods for estimating constants and computing sums of squares for diallel cross analysis. **Fitotecnia Latinoamericana**, San José, v. 4, p. 1 - 12, 1967.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.
- GONÇALVES, P. S. **Esquema circulante de cruzamentos para avaliação de linhagens de milho (*Zea mays* L.) ao nível interpopulacional**. 1987. 140 f Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba-SP.
- GRIFFING, B. A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biology Science**, v. 9, p. 463-93, 1956.
- HAYMAN, B. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Austin, v. 39, p. 789-809. 1954.
- HALLAUER, A. R. Relation of gene action and type of tester in maize breeding procedures. In: 30<sup>th</sup> CORN AND SORGHUM IND RES CONF 1975, **Proceedings**, Washington-DC, AM. SEED TRADE ASS., 1975, p. 209-17.
- HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. Quantitative genetics in maize breeding. 2. ed., Ames: Iowa State University Press, 1988.
- HOEGEMEYER, T. C.; HALLAUER, A. R. Selection among and within full-sib families to develop single cross of maize. **Crop Science**, v. 16, p. 76-81, 1976.



JENKINS, M. T. The segregation of genes affecting yield of grain in maize. **Agronomy Journal**, v. 32, p. 55-63, 1940.

JENKINS, M. T.; BRUNSON, A. M. Methods of testing inbred lines of maize in crossbred combinations. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 24, p. 523-30 1932.

JENKINS, M. T. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. **J. Am. Soc. Agron.**, v. 26, p. 199-204, 1934.

JONES, D F The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. **Bulletin of the Connecticut Agricultural Experimental Station**, v. 207, p. 5-100, 1918.

KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R. N. The partial diallel cross. **Biometrics**, v.17, p. 229-50, 1961.

KEMPTHORNE, O. **An introduction to genetic statistic**. 3. ed., New York: John Wiley, 1966. 545 p.

LIINDSTROM, E. W. Prepotency of Inbred Sires on Commercial Varieties of Maize. **Agron. J.**, v. 23, p. 652-661, 1931.

MATZINGER, D.F. Comparison of three types of testers for evaluation of inbred lines of corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 45, p. 463-5, 1953.

MARTINS, C. S., MIRANDA FILHO, J. B. Evaluation of inbred lines from two maize (*Zea mays* L) brachytic populations in single crosses following the two-factor mating design. **Revista Brasileira de Genética**, v. 20, p. 265-73, 1997.

MELO, W.M.C.; VON PINHO, R. G.; FERREIRA, D.F. Capacidade combinatória e divergência genética em híbridos comerciais de milho. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 821-830, 2001.

MIRANDA FILHO, J. B. **Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho (*Zea mays* L.) com ênfase na produtividade e no porte da planta**. 1974. 115 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Campinas-SP.

MIRANDA FILHO, J. B. Seleção e métodos de melhoramento. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE GENÉTICA, 14:, Jaboticabal, 1981. **Anais**. Jaboticabal, UNESP, 1981.

MIRANDA FILHO, J. B.; VENCOVSKY, R The partial circulant diallel cross at the interpopulation level. **Genetics and Molecular Biology**, v. 22, p. 249- 55, 1999

RIBEIRO, P. H. E.; RAMALHO, M. A. P. R.; FERREIRA, D.F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho em diferentes condições ambientais do estado de Minas Gerais. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DEL MAÍZ, 18. 1999, Sete Lagoas. **Memórias...**, Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS/CIMMYT, 1999. 684 p.

RUSSEL W. A.; BLACKBURN, D. J.; LAMKEY, K. R. Evaluation of a modified reciprocal recurrent selection procedure for maize improvement. **Maydica**, v. 37, p. 61-7, 1992.

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 683-86, 1995.

SOUZA, L. V. **Capacidade de combinação de cultivares sob estresse abiótico**. 2003. 37 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

SILVA, R. G. **Fontes de resistência e controle genético do enfezamento do milho**. 2002. 52 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

STANGLAND, G. R.; RUSSEL, W. A.; SMITH, O. S. Evaluation of the performance and combining ability of selected lines derived from improved maize populations. **Crop Science**, v. 23, p. 647-51, 1983.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A general vs specific combining ability in single crosses of corn. **J. Am. Soc. Agronomy**, v. 34, p. 923-32, 1942.

SHULL, G. H. A pure line method of corn breeding Report. **American Breeders Association**, Washington, v. 5, p. 51-9, 1909.

VECOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades**. 1970. 110 f Tese (Livre Docência em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz /USP, Piracicaba-SP.

VENCOVSKY, B. P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.