

RODRIGO RIBEIRO FIDELIS

**MELHORAMENTO DE MILHO PARA O CERRADO  
DO ESTADO DE TOCANTINS**

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

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

T

F451m  
2006

Fidelis, Rodrigo Ribeiro, 1976-  
Melhoramento de milho para o cerrado do estado de  
Tocantins / Rodrigo Ribeiro Fidelis. – Viçosa : UFV, 2006.  
xi, 45f. : il ; 29cm.

Orientador: Glauco Vieira Miranda.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Milho - Recursos do germoplasma. 2. Milho – Melhora-  
mento genético. 3. Milho - Adaptação. 4. Milho - Variedades.  
5. Milho - Solos. 6. Solos - Teor de fósforo. I. Universidade  
Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 633.1523

RODRIGO RIBEIRO FIDELIS

**MELHORAMENTO DE MILHO PARA O CERRADO  
DO ESTADO DE TOCANTINS**

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

APROVADA: 25 de abril de 2006.



---

Prof. João Carlos Cardoso Galvão  
(Co-Orientador)



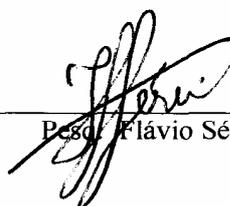
---

Pesq. Izabel Cristina dos Santos  
(Co-Orientador)



---

Prof. Joênes Mucci Pelúzio



---

Pesq. Flávio Sérgio Afférri



---

Prof. Glauco Vieira Miranda  
(Orientador)

*A Deus.*

*Aos meus filhos, Douglas e João Carlos Fidelis, carinhosamente chamados de minha fortuna e minha riqueza.*

*Ao meu afilhado, Rômulo Marques Fidelis.*

*Ao meu irmão, Rômulo Ribeiro Fidelis (in memoriam), que devido às circunstâncias da vida abdicou-se de certos prazeres da adolescência, responsabilizando-se, ao lado de meus pais, pela criação dos irmãos mais novos, mostrando-nos os valores a serem seguidos e protegendo-nos, para que não sucumbíssemos à vida profana.*

*À minha esposa Giselly, ser iluminado que concebeu as duas criaturas mais belas do mundo.*

*Aos meus pais, Omircks e Elieti.*

*Aos meus irmãos, Rogério e Luciana Fidelis.*

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que nunca me deixou, principalmente nas horas em que fui colocado à prova, colocando sempre em minha volta pessoas maravilhosas, tornando-me assim um ser afortunado.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização deste curso.

À Universidade Federal do Tocantins, pela concessão do local onde foi realizado os experimentos de avaliação das combinações híbridas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Glauco Vieira Miranda, pela amizade, confiança, orientação e, principalmente, pela oportunidade do crescimento acadêmico e profissional.

À pesquisadora Izabel Cristina dos Santos, pela amizade, pela agradável convivência e pela valiosa contribuição para a realização deste trabalho.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão, pela amizade, pelos ensinamentos e pelas sugestões na elaboração deste trabalho.

Ao professor Joênes Mucci Pelúzio, pela amizade, pelos ensinamentos, pelas sugestões na elaboração deste trabalho e, principalmente, pela oportunidade do crescimento acadêmico e profissional.

Ao professor Flávio Sérgio Afféri, pela amizade, pela participação na banca de defesa da tese e pelas sugestões.

A toda minha família, representados pelos meus pais, Omircks e Eliete, e pelos irmãos, Rogério e Luciana, pela força, pelos ensinamentos e pela perseverança, pelo aporte financeiro, pela dedicação incondicional e, principalmente, pelo amor, responsáveis por minha formação.

Aos amigos do Programa Milho, de todas as gerações, por todos os momentos compartilhados nesta importante etapa de minha vida.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia, em especial à Mara Rodrigues, pela competência e sinceridade de sempre.

Em especial, aos amigos Hélio Bandeira Barros e sua esposa; Ana Celi; Manuel Mota dos Santos e sua esposa, Clarice; Raimundo Nonato e sua esposa, Elizângela; Ronaldo Rodrigues Coimbra; Leandro Vagno de Souza; e Aurélio Vaz de Melo.

Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, auxiliaram na realização deste trabalho, o meu reconhecimento e a minha gratidão.

## **BIOGRAFIA**

RODRIGO RIBEIRO FIDELIS, filho de Omircks Fidelis e Elieti Ribeiro de Mendonça, nasceu em Goiânia, Estado de Goiás, em 12 de junho de 1976.

Em janeiro de 2001, graduou-se em Agronomia pela Fundação Universidade do Tocantins (UNITINS), em Gurupi-Tocantins.

Em março de 2001, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Mestrado, sob a orientação do professor Glauco Vieira Miranda, defendendo tese em março de 2003.

Em março de 2003, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, em nível de Doutorado, sob a orientação do professor Glauco Vieira Miranda, submetendo-se à defesa de tese em abril de 2006.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	3
Seleção de populações genitoras de milho em alta temperatura.....	4
Resumo .....	4
Abstract.....	4
Introdução .....	5
Material e métodos .....	7
Resultados e discussão.....	9
Conclusões .....	16
Referências bibliográficas.....	17
Capacidade de combinação de populações de milho .....	19
Resumo .....	19
Abstract.....	19
Introdução .....	20
Material e métodos .....	21
Resultados e discussão.....	24
Análise de variância individual .....	24
Análise de variância conjunta .....	27
Análise dialélica conjunta .....	27
Conclusões .....	32
Referências bibliográficas.....	32

	<b>Página</b>
Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo .....	35
Resumo .....	35
Abstract .....	35
Introdução .....	36
Material e métodos .....	37
Resultados e discussão.....	39
Conclusões .....	43
Referências bibliográficas.....	43

## RESUMO

FIDELIS, Rodrigo Ribeiro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2006.  
**Melhoramento de milho para o cerrado de Estado de Tocantins.** Orientador:  
Glauco Vieira Miranda. Co-Orientadores: João Carlos Cardoso Galvão e Izabel  
Cristina dos Santos.

Os objetivos deste trabalho foram selecionar populações genitoras de milho eficientes na absorção e utilização de fósforo na produção de grãos, em condições de alta temperatura em solos de cerrado, na safrinha; avaliar o potencial de cultivares comerciais de milho como genitores para programas de melhoramento em estresse de fósforo; comparar o controle genético da produtividade de grãos de milho em ambiente de alto e baixo fósforo; definir qual a melhor estratégia de desenvolvimento de cultivares para o melhoramento; e selecionar os genótipos mais eficientes na absorção e utilização de fósforo em solos de cerrado. Para obtenção das combinações híbridas foram selecionados nove cultivares comerciais de milho, oriundos de diferentes programas de melhoramento, classificados como adaptados às condições de solos de cerrado. Os cruzamentos foram feitos no esquema de fileiras pareadas, no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. O ensaio de avaliação das combinações híbridas foi conduzido na área Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi. Para simular ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram utilizadas doses de 25 e 113 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio, respectivamente. As características avaliadas foram peso de grãos, altura da planta, altura da espiga, dias

para florescimento feminino e número de espigas por parcela. Para avaliar o comportamento dos cultivares, as características foram submetidas à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott. As análises dialéticas individuais para cada ambiente e conjunta para todas as características foram realizadas por meio do método 4, proposto por Griffin, utilizando apenas as combinações híbridas. Concluiu-se que os cultivares mais adaptados às condições da safrinha no cerrado do sul do Tocantins são UFVM77-0385, UFVM77-0367 e UFVM77-0349 e que cultivares comerciais são inadequados para estresses de seca e altas temperaturas presentes na safrinha no Estado do Tocantins; dos cultivares testados o DKB 350 é o genitor mais indicado nos dois ambientes; considerando as características avaliadas, os efeitos genéticos aditivos mostraram-se mais importantes que os efeitos genéticos não-aditivos no ambiente de alto e baixo P; a seleção recorrente recíproca, visando a otimização do potencial produtivo, é a melhor estratégia de melhoramento de milho para os ambientes; a metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980) identificou genótipos eficientes quanto ao uso do fósforo e responsivos à sua aplicação; os genótipos eficientes na absorção e utilização de fósforo e responsivos ao incremento de P foram UFVM77-0331, UFVM77-0307, UFVM77-0333, UFVM77-0381, UFVM77-0313, UFVM77-0305, UFVM77-0377 e UFVM77-0345.

## ABSTRACT

FIDELIS, Rodrigo Ribeiro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April 2006. **Corn breeding for the cerrado in the state of Tocantins**. Adviser: Glauco Vieira Miranda. Co-Advisers: João Carlos Cardoso Galvão and Izabel Cristina dos Santos.

The objectives of this work were to select corn progeny populations efficient in the absorption and use of phosphorus for grain production, under high temperature conditions in cerrado soil during the second corn crop; to evaluate the potential use of commercial corn cultivars as progenies in phosphorus stress breeding programs; to compare the genetic control of corn grain productivity in high and low phosphorus environments; to define the best strategy to develop cultivars for breeding purposes; and to select the genotypes most efficient in the absorption and utilization of phosphorus in cerrado soil. In order to obtain the hybrid combinations, nine commercial corn cultivars were selected, originated from different breeding programs, and classified as adapted to cerrado soil condition. The crosses were performed according to the paired row configuration, at the Diogo Alves de Mello Experimental Field of the Department of Plant Sciences of the Universidade Federal de Viçosa. The hybrid combination evaluation assay was conducted at the Experimental Area of Universidade Federal do Tocantins, Gurupi Campus. To simulate environments with low and high levels of phosphorus, doses of 25 and 113 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were used in seeding, respectively. The following traits were evaluated: grain weight, plant height, ear height, days for female flowering and number of ears per plot. In order to evaluate cultivar behavior, the traits were submitted to analysis of variance and the means were grouped by

the Scott-Knott test. Individual diallelic analyses for each environment and combined analyses for all the traits were carried out by method 4, proposed by Griffin, using only the hybrid combinations. It was concluded that the cultivars most adapted to second corn crop conditions in southern Tocantins cerrado are UFVM77-0385, UFVM77-0367 and UFVM77-0349 and that the commercial cultivars are inadequate for drought stresses and high temperatures occurring during second corn crop in the state of Tocantins; among the cultivars tested, DKB 350 is the most indicated progeny in both environments; based on the traits evaluated, the additive genetic effects were more important than the non-additive genetic effects in the environment with high and low P; reciprocate recurring selection aimed at potential yield optimization is the best corn breeding strategy for the environments; Fageria and Kluthcouski methodology (1980) identified the efficient genotypes for phosphorus use and responsive to phosphorus application; the genotypes efficient in absorbing and utilizing phosphorus and responsive to P increase were UFVM77-0331, UFVM77-0307, UFVM77-0333, UFVM77-0381, UFVM77-0313, UFVM77-0305, UFVM77-0377 and UFVM77-0345.

## INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial do milho em áreas aptas à cultura não será suficiente para atender à demanda por este cereal nas próximas décadas (BÄNZIGER *et al.*, 1999). A possível solução é o cultivo em áreas que apresentam limitações edafoclimáticas, ou seja, com estresses abióticos. Nessas áreas, no entanto, o sistema produtivo caracteriza-se pela baixa utilização de insumos e os agricultores são desprivilegiados econômica e socialmente (MACHADO, 1997), fazendo com que as médias de produtividade de grãos sejam muito baixas. Estima-se que 1,4 bilhão de pessoas sejam dependentes desse tipo de agricultura; 60% dos produtores no mundo vivem essa realidade e produzem de 15 a 20% do alimento mundial (CECCARELLI, 1996). No Brasil, aproximadamente 94% das propriedades para cultura do milho são lavouras menores que 10 ha e são responsáveis por apenas 30% da produção nacional. Essas lavouras estão predominantemente em regiões com algum tipo de estresse, destacando-se a seca e a baixa fertilidade natural do solo. Desta forma, o melhoramento da cultura do milho deverá ser direcionado para condições de estresses.

O milho safrinha é conduzido em sucessão ao cultivo de primavera-verão sem irrigação. Representa uma alternativa econômica de uso da terra em períodos após o da safra normal e possibilita a obtenção de melhores preços na colheita, devido à menor oferta do produto nessa época (PICANÇO *et al.*, 2004). Esse cultivo ocupa, no Brasil, 3 milhões de hectares, com produção de 5 milhões de toneladas e produtividade de 3.600 kg por hectare (DUARTE, 2004).

A baixa fertilidade do solo de cerrado, especialmente de fósforo, é bastante conhecida. Esses solos possuem teores extremamente baixos de fósforo e possuem alta capacidade de fixação deste nutriente (FAGERIA, 1998). Neste sentido, a correção normalmente se faz pela adição de altas doses de fertilizantes fosfatados, solução econômica e ambientalmente, de modo geral, insatisfatória (SILVA e GABELMAN, 1992; FAGERIA e BALIGAR, 1997). Entretanto, o melhoramento de plantas em ambientes de estresses abióticos, principalmente o desenvolvimento de cultivares com maior eficiência no uso da água e do fósforo, tem sido a estratégia mais indicada para aumentar a produtividade de grãos (REEVES, 1996). A obtenção de germoplasmas adaptados a condições de estresses abióticos tem sido internacionalmente intitulada como *breeding to low-input*.

Em geral, o fator térmico é a principal limitação para o desenvolvimento do milho “safrinha”, porém, em algumas regiões, a deficiência hídrica passa a ser o fator mais importante (DUARTE *et al.*, 1995; LARCHER, 2000). A temperatura tem grande influência na duração do ciclo do milho, pois condiciona as taxas dos processos fisiológicos, podendo retardá-los ou acelerá-los. Em áreas tropicais, esse é o principal responsável pelas maiores oscilações de produtividade da cultura (LAFITTE *et al.*, 1997).

Assim, os objetivos deste trabalho foram identificar fontes de germoplasma de milho eficientes na absorção e utilização de fósforo na produção de grãos, em condições de baixa disponibilidade desse nutriente em solos de cerrado, na safrinha; avaliar o potencial de cultivares comerciais de milho como genitores para programas de melhoramento de milho para condições de estresse de fósforo; comparar o controle genético da produtividade de grãos de milho em ambiente de alto e baixo fósforo; definir qual a melhor estratégia de desenvolvimento de cultivares para o melhoramento; e selecionar os genótipos mais eficientes na absorção e utilização de fósforo em solos de cerrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÄNZIGER, M.; MUGO, S.; EDMEDS, G. O. Breeding for drought tolerance in tropical maize-conventional approaches and challenges to molecular approaches. In: WORKSHOP ON MOLECULAR APPROACHES FOR THE GENETICS IMPROVEMENT OF CEREALS FOR STABLE PRODUCTION IN WATER-LIMITED ENVIRONMENTS. Athenas, Greece, 1999.

CECCARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. **Euphytica**, v. 92, p. 203-214, 1996.

DUARTE, A. P. Milho safrinha: características e sistemas de produção. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa; UFV, 2004. p. 109-138.

DUARTE, A. P.; KANTHACK, R. A. D.; SPINOSA, W.; ALLIPRANDINI, L. F. Efeito da geada na produção e qualidade de grãos de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 3., 1995, Assis. **Resumos...** Campinas: IAC/ Centro de Desenvolvimento Agropecuário do Médio Vale do Paranapanema, 1995. p. 61-64.

FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p. 128-131, 1998.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Phosphorus-use efficiency by corn genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 10, p. 1267-1277, 1997.

LAFITTE, H. T.; EDMEDS, G. O.; JOHNSON, E. C. Temperature responses of tropical maize cultivars selected for broad adaptation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 215-229, 1997.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos-SP, 2000. 531 p.

MACHADO, A. T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. 1997. 219 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

PICANÇO, M. C.; SEMEÃO, A. A.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, E. M.; BARROS, E. C. Fatores de perdas em cultivares de milho safrinha. **Acta Scientiarum**, Agronomy, Maringá, v. 26, n. 2, p. 161-167, 2004.

REEVES, T. G. Foreword: Food security and stress tolerant maize p.VII-III. In: EDMEDS, G. O. *et al.* (Ed.). **Developing drought and low N-tolerant maize**. In: PROCEEDINGS OF A SYMPOSIUM, El Batán, Mexico: CIMMYT, 25-29 March, 1996. 566 p.

SILVA, A. E.; GABELMAN, W. H. Screening maize inbred lines for tolerance to low-P stress condition. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 146, n. 1-2, p. 181-187, 1992.

## **Seleção de populações genitoras de milho em alta temperatura**

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo selecionar populações genitoras de milho eficientes na absorção e utilização de fósforo na produção de grãos, em condições de alta temperatura em solos de cerrado, na safrinha. O ensaio foi constituído de 47 tratamentos, correspondentes a 36 híbridos interpopulacionais, oriundos de um bloco de recombinação entre nove populações genitoras e de 11 testemunhas, conduzido na área Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi. A adubação de sementeira foi realizada, utilizando-se 23 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio e 68 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para simular ambientes com baixo e alto níveis de fósforo, foram utilizadas as doses 25 e 113 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. A adubação de cobertura foi feita com 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio. As características avaliadas foram peso de grãos, altura da planta, altura da espiga, dias para florescimento feminino e número de espigas por parcela. Para avaliar o comportamento dos cultivares, as características foram submetidas à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott. Assim, concluiu-se que os cultivares mais adaptados às condições do cerrado do sul do Tocantins cultivados na safrinha são UFVM77-0385, UFVM77-0367 e UFVM77-0349 e que os cultivares comerciais avaliados são inadequados para o estresse de alta temperatura presentes na safrinha nesse Estado.

## **Selection of corn progeny populations under high temperature**

**Abstract:** This work aimed to select corn progeny populations efficient in the absorption and utilization of phosphorus for grain production, under high temperature conditions in cerrado soils during second corn crop. The assay was constituted by 47 treatments, corresponding to 36 inter-population hybrids, originated from a block of recombination among 9 progeny populations and 11 controls, conducted at the Experimental Area of the Universidade Federal do Tocantins, Gurupi Campus. Seeding fertilization was performed using 23 kg ha<sup>-1</sup> of N as ammonium sulphate and 68 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. To simulate environments with low and high levels of phosphorus, doses of 25 and 113 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were used, respectively. Cover fertilization was performed using 120kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen as ammonium sulphate. The traits evaluated were grain weight, plant height, ear height, days for female flowering, and number of ears per plot. To evaluate cultivar behavior, the traits were submitted to analysis of variance and the means were grouped by the Scott-Knott test. It was concluded that the cultivars most adapted to cerrado conditions in southern Tocantins, cultivated during second corn crop were UFVM77-0385, UFVM77-0367 and UFVM77-0349 and that the commercial cultivars evaluated are inadequate for high temperature stress observed during corn second crop in this state.

## Introdução

O milho safrinha é conduzido em sucessão ao cultivo de primavera-verão sem irrigação. Representa uma alternativa econômica de uso da terra em períodos após o da safra normal e possibilita a obtenção de melhores preços na colheita, devido à menor oferta do produto nessa época (PICANÇO *et al.*, 2004). No Brasil esse cultivo ocupa 3 milhões de hectares, com produção de 5 milhões de toneladas e produtividade de 3.600 kg por hectare (DUARTE, 2004).

Segundo Duarte *et al.* (1995), em geral, as baixas temperaturas são a principal limitação para o desenvolvimento do milho safrinha, porém, em algumas regiões, a deficiência hídrica passa a ser o fator mais importante. A temperatura tem grande influência na duração do ciclo do milho, pois condiciona as taxas dos processos fisiológicos, podendo retardá-los ou acelerá-los. Em áreas tropicais, a temperatura é a principal responsável pelas maiores oscilações de produtividade da cultura (LAFITTE *et al.*, 1997).

A baixa fertilidade do solo de cerrado, especialmente de fósforo, é bastante conhecida. Esses solos possuem baixa disponibilidade de fósforo e alta capacidade de fixação deste nutriente (FAGERIA, 1998). De acordo com Silva e Gabelman (1992) e Fageria e Baligar (1997), grande parte dos solos das regiões tropicais e subtropicais é caracterizada pela baixa disponibilidade de fósforo, cuja correção normalmente se faz pela adição de altas doses de fertilizantes fosfatados, solução econômica e ambientalmente, de modo geral, insatisfatória.

O fósforo é importante no metabolismo das plantas, desempenhando valioso papel na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2004), além de ser componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos (LEHNINGER, 1995). As limitações na disponibilidade de P no início do ciclo vegetativo podem resultar em restrições no desenvolvimento, das quais a planta não se recupera posteriormente, mesmo aumentando o suprimento de P a níveis adequados. Como resultado, os sintomas de deficiência de P incluem diminuição na altura da planta, atraso na emergência das folhas e redução na brotação e desenvolvimento de raízes secundárias, na produção de matéria seca e na produção de sementes (GRANT *et al.*, 2001).

A obtenção de plantas mais eficientes na utilização do P é a maneira mais econômica de reduzir os custos de produção de determinada cultura, especialmente nas condições de cerrado (FAGERIA, 1992, citado por SANTANA *et al.*, 2003). De acordo

com Machado *et al.* (1999), a eficiência na absorção de fósforo é de fundamental importância para a cultura do milho, especialmente na agricultura familiar, cujos agricultores não têm recursos para adubação da cultura.

A eficiência é definida como a capacidade de determinado genótipo adquirir o nutriente para incorporá-lo e utilizá-lo na produção de biomassa ou material vegetal de rendimento econômico (BLAIR, 1993), como os grãos, no caso específico dos cereais. Os critérios ou as definições de eficiência são vários e, geralmente, dividem-se entre os que enfatizam a produtividade e aqueles que enfatizam o requerimento interno do nutriente na planta (GOURLEY *et al.*, 1994), dependentes das características morfológicas, bioquímicas e fisiológicas dos vegetais.

A diversidade inter e intra-específica para absorção, translocação, distribuição e uso de fósforo foi observada para várias culturas, entre as quais o milho (MACHADO *et al.*, 1999). A ocorrência de variabilidade genotípica quanto à tolerância ao baixo teor de P, fundamental para o estabelecimento de programas de melhoramento que objetivam o desenvolvimento de cultivares tolerantes, tem sido relatada em feijão (FAGÉRIA, 1998), arroz (CHAUBEY *et al.*, 1994) e milho (SILVA e GABELMAN, 1992). A variabilidade genética disponível do germoplasma de milho é suficiente para obter ganhos genéticos e desenvolvimento de genótipos adaptados às condições adversas de clima e de solo (MACHADO e MAGNAVACA, 1991).

A identificação de cultivares de milho eficientes na absorção e no uso do fósforo, bem como o conhecimento dos mecanismos responsáveis pela eficiência, é de extrema importância, em face da demanda de produtividade mais elevada em solos de baixa fertilidade natural e redução no uso de fertilizantes (MACHADO *et al.*, 2001). Desta forma, o uso de genótipos eficientes na absorção e na utilização de fósforo pode ser solução complementar para aumentar a produtividade e reduzir o custo de produção, especialmente nas condições de cerrado (FAGERIA, 1998; SANTANA *et al.*, 2003).

A detecção e a possibilidade de exploração e uso das diferenças genotípicas em milho, para eficiência na absorção e no uso de fósforo, apresentam-se como estratégias viáveis para contornar o problema da falta desse elemento nas regiões tropicais e subtropicais (MACHADO *et al.*, 1999). No aspecto nutricional, um genótipo eficiente à baixa disponibilidade de P no solo pode ser definido como aquele capaz de crescer satisfatoriamente, sendo capaz de absorver o P, distribuí-lo internamente e, ou, fazer melhor uso do nutriente para produzir biomassa (OLIVEIRA *et al.*, 1999).

Dessa forma, o desenvolvimento de genótipos de milho adaptados às condições adversas de fertilidade do solo, notadamente à deficiência de fósforo, a introdução de

material selecionado para determinados ambientes e o uso de variedades locais em áreas onde predominam pequenos produtores são aspectos interessantes do ponto de vista da eficácia na utilização do adubo fosfatado e da sustentabilidade do sistema produtivo (MACHADO *et al.*, 1999).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo selecionar populações genitoras de milho eficientes na absorção e utilização de fósforo na produção de grãos, em condições de alta temperatura em solos de cerrado, na safrinha.

### **Material e métodos**

Para obtenção das combinações híbridas foram selecionados nove cultivares comerciais de milho, C 333 B, C 901, CO 32, DKB 350, P 3041, P 30F88, Z 8410, Z 8420 e Z 8480, oriundos de diferentes programas de melhoramento, com potencial produtivo satisfatório, e classificados como adaptados às condições de solos de cerrado. Os cultivares foram plantados no primeiro semestre de 2003 no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. 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.

Os tratamentos culturais consistiram de aplicação de herbicidas e inseticidas, com produtos recomendados para a cultura do milho.

O ensaio de avaliação das combinações híbridas foi conduzido na área Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, situada a 11° 43' de latitude sul e 49° 15' de longitude oeste, a uma altitude de 300 m.

O solo onde o experimento foi instalado (Latosolo Vermelho-Amarelo Distrófico) foi cultivado durante dez anos em sistema de plantio convencional e rotação soja/sorgo ou soja/milho e recebeu as adubações recomendadas para as culturas. As características químicas do solo encontram-se na Tabela 1.

O plantio foi realizado no dia 6 de fevereiro do ano agrícola de 2003/2004, época mais indicada para a semeadura na região sul do Estado do Tocantins, em solos de terras altas, como forma de obter o estresse desejado.

O ensaio foi constituído de 47 tratamentos, correspondentes a 11 testemunhas e 36 híbridos interpopulacionais, oriundos de um bloco de recombinação entre nove populações genitoras. Além das populações genitoras citadas, outros oito híbridos interpopulacionais foram obtidos do cruzamento da população AG 9010 com C 333B,

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área do experimento. Gurupi-TO, 2004

Amostra (cm)	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mel.)	MO	pH
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>		(%)	CaCl <sub>2</sub>
0-20	2,2	1	1,8	80	1,2	3,1	5,5

C 901, DKB 350, P 3041, P 30F88, Z 8410, Z 8420 e Z 8480, sendo considerados testemunhas, por não apresentarem todos os cruzamentos possíveis no dialelo. As outras três testemunhas foram AG 9010, DKB 333B e UFVM-100 (Tabela 2).

Tabela 2 – Características dos cultivares comerciais utilizados como genitores<sup>1</sup> e testemunhas<sup>2</sup>

Cultivar	Tipo	Ciclo	Tipo de grão
C 9011	Híbrido simples	Superprecoce	Semiduro
P 30411	Híbrido triplo	Precoce	Duro
AG 90101,2	Híbrido simples modificado	Superprecoce	Semiduro
Z 84801	Híbrido simples	Precoce	Semiduro
C 333 B1,2	Híbrido simples modificado	Semiprecoce	Semiduro
UFVM1002	Variedade	Precoce	Semiduro
Z84201	Híbrido simples	Precoce	Duro
Z 84101	Híbrido simples	Precoce	Duro
P 30F881	Híbrido simples	Semiprecoce	Duro
CO 321	Híbrido triplo	Precoce	Semiduro
DKB 3501	Híbrido simples	Precoce	Semiduro

<sup>1</sup> genitor; <sup>2</sup> testemunhas.

Foi utilizado o preparo convencional do solo, com uma aração e duas gradagens. A adubação de semeadura foi realizada, utilizando-se 23 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio e 68 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para simular ambientes com baixo e alto níveis de fósforo, foram utilizadas as doses 25 e 113 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. A adubação de cobertura foi feita com 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, parcelada em duas vezes, sendo a primeira no estágio fenológico de quatro e a segunda no de oito folhas completamente expandidas. Os tratamentos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com duas repetições. Cada parcela experimental foi constituída por duas fileiras de 5,0 m de comprimento. O espaçamento entre fileiras foi de 0,90 m e na linha de 0,20 m entre plantas, sendo o estande final estimado, após o desbaste, de 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>.

As seguintes características foram avaliadas:

- Altura da planta (AP): medida, em centímetros, após o pendoamento, da superfície do solo à inserção da folha bandeira, em cinco plantas competitivas por parcela.

- Altura da espiga (AE): medida, em cm, após o pendoamento, da superfície do solo à inserção da espiga superior no colmo, nas mesmas cinco plantas avaliadas para altura, por parcela.

- Dias para florescimento feminino (FF): número de dias decorrentes da emergência até a emissão da inflorescência feminina (boneca) em 50% das plantas da parcela.

- Número de espigas por parcela (NE): número de espigas por parcela no momento da colheita.

- Produtividade (PG): peso de grãos, em kg/parcela, transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigido para 13% de umidade.

Para realizar as análises estatísticas, foi utilizado o Programa SAEG (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). As variáveis foram submetidas à análise de variância, com aplicação do teste F, para testar a significância dos tratamentos. Para as comparações entre as médias, foi utilizado o teste de Scott-Knott (SCOTT e KNOTT, 1974), a 5% de probabilidade.

### **Resultados e discussão**

Foi detectado, pela análise de variância, que houve efeito significativo para cultivares e ambientes (alto e baixo P) para todas as características (Tabela 3). Entretanto, não houve significância da interação para as características florescimento feminino (FF), altura de planta (AP) e número de espiga (NE), ou seja, o comportamento dos cultivares independe do ambiente, por isto esses fatores foram estudados isoladamente. Para as características produção de grãos e altura de espiga, a interação entre os dois fatores foi significativa, indicando que os níveis de fósforo influenciaram o comportamento diferenciado dos cultivares. Neste caso, foi realizado o desdobramento dos fatores.

Para produtividade de grãos, no ambiente em que foi aplicada alta dose de fósforo ( $113 \text{ kg ha}^{-1}$ ), os cultivares foram agrupados em quatro grupos pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância (Tabela 4). O grupo mais produtivo foi constituído de 16 combinações híbridas e uma testemunha (DKB-333 B), com a produtividade variando entre  $3.604$  e  $2.959 \text{ kg ha}^{-1}$ . Foram dois os grupos estatísticos intermediários constituídos apenas por combinações híbridas, em que as médias de produtividade variaram de  $2.854$  a  $2.425 \text{ kg ha}^{-1}$  em um grupo e de  $2.256$  a  $1.604 \text{ kg ha}^{-1}$  para os cultivares mais e menos produtivos em outro grupo. O grupo estatístico menos produtivo foi constituído por três combinações híbridas e duas testemunhas (UFVM100 e AG 9010), com produtividade variando entre  $1.473$  e  $716 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Tabela 3 – Resumo das análises de variância das médias de produtividade de grãos (PG), florescimento feminino (FF), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE)

FV	GL	Quadrado Médio				
		PG (kg ha <sup>-1</sup> )	FF (dias)	AP (cm)	AE (cm)	NE (unid.)
Blocos	1	95200 <sup>ns</sup>	39,34**	161,78 <sup>ns</sup>	9,03 <sup>ns</sup>	324,52**
Cultivares (C)	46	1112394**	14,64**	238,51**	119,84**	200,49**
Ambientes (A)	1	12433250**	593,38**	321,90*	310,48**	568,77**
C x A	46	675278**	3,99 <sup>ns</sup>	118,05 <sup>ns</sup>	55,98*	35,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	93	112457	3,53	80,80	33,81	24,77
Média geral		2213	62,44	138,62	61,12	25,47
CV %		15,20	3,01	6,48	9,51	19,50

<sup>ns</sup> não-significativo e \*\* e \* significativo para  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$  pelo teste F, respectivamente.

As médias de produtividade das melhores combinações híbridas mostraram-se superiores às médias obtidas por Gerage e Bianco (1990) e por Duarte e Cruz (2001), que relataram produtividade do milho safrinha em torno de 2.450 kg ha<sup>-1</sup>. Superam também as médias obtidas por Farinelli *et al.* (2003) no período da safrinha, que variaram de 1.685 kg ha<sup>-1</sup> para o cultivar mais produtivo (DKB 440) a 492 kg ha<sup>-1</sup> para o menos produtivo (Z8550), cultivados em Jaboticabal-SP.

No ambiente com baixo P (25 kg ha<sup>-1</sup> de P), comumente encontrado nas propriedades agrícolas do sul do Tocantins, os cultivares também foram divididos em quatro grupos estatísticos pelo teste de Scott-Knott, quanto à produtividade de grãos (Tabela 4). O grupo mais produtivo foi composto por oito combinações híbridas, com médias variando entre 3.188 e 2.647 kg ha<sup>-1</sup>, o que revela a possibilidade de esses genótipos serem utilizados em sistemas de produção com baixa utilização de insumos. Foram dois os grupos estatísticos intermediários constituídos por combinações híbridas e pela testemunha C 333 B, em que em um deles as médias de produtividade variaram de 2.459 a 1.961 kg ha<sup>-1</sup> e no outro entre 1.919 e 1.299 kg ha<sup>-1</sup>. Novamente o grupo estatístico menos produtivo foi constituído por três combinações híbridas e duas testemunhas (UFVM100 e AG 9010), com produtividade variando entre 1.186 e 488 kg ha<sup>-1</sup>.

O milho safrinha é uma atividade de alto risco, uma vez que a estação chuvosa é bastante curta. Desta forma, além de o potencial produtivo ser reduzido, há alto risco de frustração de safras, baixo investimento na cultura e, conseqüentemente, baixa produtividade (Sans *et al.*, 2002). Assim sendo, estas informações são extremamente interessantes, já que possibilitam a identificação de materiais que se adaptam melhor em condições de adversidade (seca, calor e baixo P), dando subsídio aos produtores que almejam aproveitar o resto das chuvas, sem, porém, lançar mão de alto investimento, ou ainda, àqueles desprovidos economicamente de recursos financeiros, para financiar essa atividade com alta tecnologia.

Tabela 4 – Médias, em alta e baixa disponibilidade de fósforo (P), das características produtividade de grãos (PG) e altura da espiga (AE) em cultivares de milho cultivados em solos de cerrado na região sul do Estado do Tocantins. Gurupi-TO, safra 2003/2004

Cultivar	PG (kg ha <sup>-1</sup> )		AE (cm)	
	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P
UFVM77-0389	3604,2 A	1299,3 C	62,2 B	52,4 B
UFVM77-0331	3500,0 A	1984,7 B	65,5 A	59,8 A
UFVM77-0381	3458,3 A	2416,0 B	59,5 B	60,5 A
DKB 333B	3369,4 A	1474,2 C	69,5 A	48,9 C
UFVM77-0345	3347,2 A	2454,2 B	60,3 B	45,5 C
UFVM77-0353	3320,1A	1609,7 C	67,5 A	64,1 A
UFVM77-0307	3263,9 A	1961,8 B	65,0 A	68,4 A
UFVM77-0379	3250,7 A	1828,5 C	65,4 A	66,8 A
UFVM77-0367	3187,5 A	2919,4 A	64,0 A	60,3 A
UFVM77-0337	3118,1 A	1381,9 C	61,6 B	51,4 B
UFVM77-0349	3079,9 A	2701,4 A	69,4 A	72,5 A
UFVM77-0385	3048,6 A	3002,1 A	61,9 B	64,5 A
UFVM77-0305	3034,7 A	2172,9 B	64,1 A	59,0 A
UFVM77-0333	3020,8 A	2034,7 B	71,0 A	62,3 A
UFVM77-0313	2979,2 A	2095,1 B	58,3 B	58,5 A
UFVM77-0343	2968,8 A	1402,1 C	67,2 A	55,8 B
UFVM77-0377	2959,7 A	2343,1 B	69,2 A	54,0 B
UFVM77-0329	2854,2 B	2357,6 B	77,1 A	54,5 B
UFVM77-0371	2822,9 B	748,6 D	57,5 B	63,9 A
UFVM77-0351	2743,1 B	2269,4 B	61,5 B	61,6 A
UFVM77-0357	2715,3 B	2674,3 A	60,3 B	57,0 B
UFVM77-0365	2706,3 B	2290,3 B	67,9 A	69,9 A
UFVM77-0361	2581,9 B	1754,9 C	66,4 A	69,2 A
UFVM77-0375	2557,6 B	2238,2 B	61,7 B	67,2 A
UFVM77-0387	2502,1 B	1791,0 C	62,2 B	61,4 A
UFVM77-0311	2430,6 B	3188,2 A	64,4 A	62,3 A
UFVM77-0323	2430,6 B	1509,0 C	71,2 A	63,4 A
UFVM77-0319	2425,0 B	2150,7 B	68,2 A	65,3 A
UFVM77-0301	2256,9 C	1730,6 C	64,3 A	65,3 A
UFVM77-0303	2131,9 C	1919,4 C	56,9 B	59,8 A
UFVM77-0315	2118,1C	2880,6 A	55,6 B	53,5 B
UFVM77-0339	2090,3 C	1381,9 C	56,3 B	43,0 C
UFVM77-0383	2054,9 C	1375,7 C	58,9 B	55,0 B
UFVM77-0373	1944,4 C	1911,8 C	57,3 B	58,1 A
UFVM77-0347	1938,9 C	2217,4 B	56,5 B	61,3 A
UFVM77-0321	1860,4 C	1138,9 D	68,0 A	66,2 A
UFVM77-0363	1833,3 C	1481,9 C	62,8 B	67,8 A
UFVM77-0317	1777,8 C	1697,2 C	54,8 B	56,2 B
UFVM77-0325	1745,8 C	2826,4 A	70,8 A	61,1 A
UFVM77-0359	1701,4 C	1858,3 C	62,3 B	56,4 B
UFVM77-0335	1618,1 C	2396,5 B	49,4 B	64,0 A
UFVM77-0355	1604,2 C	1456,9 C	58,0 B	57,0 B
UFVM77-0327	1473,6 D	2459,7 B	59,9 B	68,6 A
UFVM77-0309	1379,2 D	2700,7 A	50,6 B	58,9 A
UFVM77-0369	1298,6 D	1186,8 D	59,9 B	58,8 A
UFVM100	1284,7 D	774,3 D	68,2 A	60,6 A
AG 9010	715,9 D	488,9 D	42,5 B	40,2 C
Média	2470,4	1956,1	62,4	59,83

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Machado *et al.* (1999) também identificaram as variedades locais Asteca e Caiano, adaptadas aos sistemas de produção com baixa utilização de insumos.

No Estado do Tocantins, onde o cultivo do milho é realizado principalmente por pequenos agricultores, quase sempre em condições de estresse mineral e altas temperaturas, a identificação de genótipos que possuem capacidade de absorver e utilizar o fósforo de forma eficiente é uma forma de incrementar a produção, fomentando a produção de milho na região. Portanto, o desenvolvimento de cultivares a partir deste grupo, cultivares esses que apresentem características favoráveis para eficiência no uso do P, poderá ser utilizado por pequenos agricultores em áreas e situações de estresses ambientais.

Nos dois ambientes, os cultivares que compuseram o melhor grupo estatístico (baixo e alto P) para a característica produção de grãos, em solos cultivados do cerrado, foram UFVM77-0385, UFVM77-0367 e UFVM77-0349, podendo ser, portanto considerados os mais adaptados às condições do cerrado do sul do Tocantins. Como esses genótipos apresentaram as maiores médias de produtividade nos dois ambientes, podem ser alvo de seleção em um programa de melhoramento populacional cujo objetivo é a obtenção de genótipos superiores.

Os valores de produtividade, apesar de ainda serem baixos quando comparados com os de outras regiões (Paraná e alguns municípios de Mato Grosso) nas condições de milho safrinha, são capazes de refletir a possibilidade de sucesso do programa de melhoramento de milho para as condições em estudo no Estado do Tocantins. De acordo com Mercoeste (2001), nessa região a produção de grãos de milho apresenta produtividade média de 1.960 kg ha<sup>-1</sup> (40 % abaixo da produção nacional média de grãos, que é de 2.744 kg ha<sup>-1</sup>). Neste estudo, a produção variou entre 3.604 e 2.959 kg ha<sup>-1</sup> para o ambiente com alto teor de fósforo e 3.188 e 2.647 kg ha<sup>-1</sup> para o ambiente com baixo teor de fósforo em condições de milho safrinha. Estes valores de produção (superiores à média da região e também à média nacional) já foram alcançados sem ter sido realizado qualquer tipo de seleção na população formada.

Os dados climáticos no período de janeiro a maio podem ser observados na Figura 1. A precipitação pluvial total ocorrida durante a realização do experimento, em torno de 863 mm, é considerada satisfatória para a cultura do milho (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). Por não ter sido bem distribuída, já que há necessidade de utilização de irrigação complementar nos períodos mais críticos da cultura (emergência, florescimento e formação dos grãos), irrigação esta que não foi realizada para não mascarar o efeito do estresse à seca, este fator provavelmente refletiu de forma

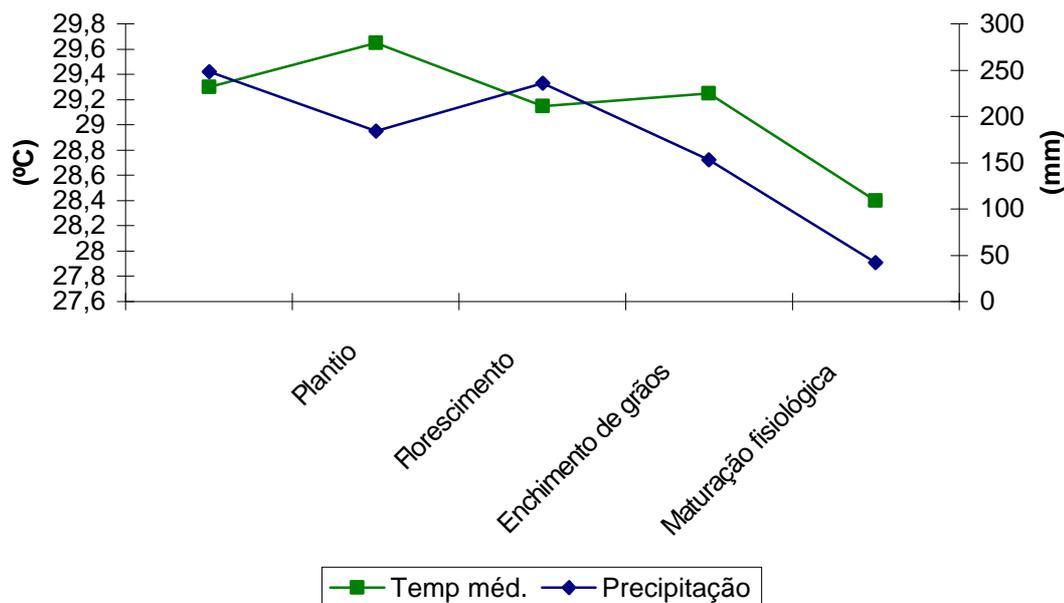


Figura 1 – Temperatura média (°C) e precipitação acumulada (mm) registradas no período de janeiro a maio do ano agrícola de 2003/2004, em Gurupi-TO.

negativa nas populações avaliadas, ocasionando a diminuição de produtividade de grãos.

Observou-se a formação de dois grupos estatísticos de cultivares, quanto à altura média das espigas, no ambiente em que foi empregado o maior nível de P (Tabela 4). O grupo que apresentou maiores médias foi constituído por 19 combinações híbridas e duas testemunhas (C 333B e UFVM100), com alturas variando entre 77,1 e 64 cm. O grupo que apresentou menores médias de altura de espiga foi constituído por 25 combinações híbridas e uma testemunha (AG 9010), com alturas variando entre 62,8 e 42,5 cm.

Já para o ambiente em que foi empregado o menor nível de P, observou-se a formação de três grupos estatísticos de cultivares. O grupo que apresentou maiores médias de altura de espiga foi constituído por 31 combinações híbridas e uma testemunha (UFVM100), que, por sua vez, variaram entre 72,5 e 58,1 cm. O grupo que apresentou médias intermediárias foi constituído por 11 combinações híbridas, que variaram entre 57,0 e 51,4 cm. O grupo que apresentou menores médias de altura de espiga foi constituído por duas combinações híbridas e duas testemunhas (DKB 333B e AG 9010) e variaram entre 48,9 e 40,2 cm.

Farinelli *et al.* (2003), avaliando o desempenho agrônômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha, também verificaram que no período da safrinha os cultivares apresentaram baixos valores médios de altura de espiga (86 a 66 cm),

provavelmente devido à influência das condições ambientais, sobretudo em decorrência de baixas precipitações pluviais ocorridas durante o desenvolvimento da cultura. É importante ressaltar que alguns dos cultivares testados compuseram o bloco de cruzamento para dar origem aos materiais avaliados neste estudo.

Fidelis (2003), submetendo cultivares de milho a estresse de baixo nitrogênio, constatou diferenças entre os genótipos avaliados quanto a altura de espigas, porém todos ainda se enquadravam dentro das características desejáveis do sistema produtivo da região.

O conhecimento da fase vegetativa do milho e a data de florescimento possuem importância na escolha do cultivar e no planejamento da época de semeadura, de forma que coincida com o período de menor probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no solo. Observa-se a formação de quatro grupos estatísticos para a característica dias para o florescimento feminino (Tabela 5). O grupo que apresentou maior número de dias para o florescimento feminino foi constituído por nove combinações híbridas e duas testemunhas (DKB 333B e Nativo), com ciclo variando entre 66 dias para o cultivar mais tardio e 64 dias para a combinação menos tardia, respectivamente. Os grupos que apresentaram valores intermediários de dias para o florescimento feminino foram constituídos por 34 combinações híbridas, com ciclo variando entre 63,8 cm para a combinação mais tardia e 59,8 cm para a menos tardia, respectivamente. O grupo que apresentou menor número de dias para o florescimento feminino, ou seja, de ciclo mais curto, podendo até ser considerado precoce, foi constituído por uma combinação híbrida e uma testemunha (AG 9010), com ciclo de 57,8 e 57,5 dias para o florescimento feminino, respectivamente.

Constatou-se a formação de dois grupos estatísticos de cultivares, quanto à altura das plantas (Tabela 5). O grupo que apresentou maiores médias de altura de plantas foi constituído por 21 combinações híbridas, que variaram entre 151,6 e 140,3. O grupo que apresentou menores médias de altura de planta foi constituído por 23 combinações híbridas e três testemunha (DKB 333B, Nativo e AG 9010), que, por sua vez, variaram entre 138,5 e 112,4 cm. Estes resultados corroboram os encontrados por Fidelis (2003), que submetendo cultivares de milho a estresse de nitrogênio constatou diferenças entre os genótipos avaliados, quanto à altura de plantas.

Esses resultados são concordantes com os de Farinelli *et al.* (2003), que avaliando o desempenho agrônomico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha também encontraram variações nas alturas de plantas.

Na Tabela 5, nota-se ainda a formação de quatro grupos estatísticos para a característica número de espigas. O grupo que apresentou maior número de espigas por

Tabela 5 – Médias das características dias para florescimento feminino (FF), altura da planta (AP) e número de espiga por parcela (NE) em cultivares de milho cultivados em solos de cerrado na região sul do Estado do Tocantins. Gurupi-TO, safra 2003/2004

Cultivar	Características		
	FF (Dias)	AP (cm)	NE (Unidades/parcela)
UFVM77-0389	62,3 B	131,2 B	29,0 B
UFVM77-0331	63,5 B	144,6 A	34,3 A
UFVM77-0381	62,3 B	130,6 B	33,3 A
DKB 333B	65,3 A	136,6 B	20,8 C
UFVM77-0345	59,8 C	128,7 B	30,8 A
UFVM77-0353	62,3 B	151,6 A	29,5 B
UFVM77-0307	62,8 B	151,1 A	28,3 B
UFVM77-0379	62,5 B	146,8 A	29,8 B
UFVM77-0367	62,3 B	142,5 A	29,8 B
UFVM77-0337	62,5 B	130,8 B	21,8 C
UFVM77-0349	61,3 C	146,8 A	32,0 A
UFVM77-0385	62,3 B	143,3 A	35,5 A
UFVM77-0305	61,3 C	136,5 B	33,3 A
UFVM77-0333	63,0 B	140,8 A	24,3 B
UFVM77-0313	60,3 C	138,3 B	34,3 A
UFVM77-0343	60,5 C	138,5 B	25,3 B
UFVM77-0377	63,3 B	141,1 A	25,3 B
UFVM77-0329	64,3 A	136,9 B	40,3 A
UFVM77-0371	62,5 B	138,5 B	24,5 B
UFVM77-0351	62,8 B	138,4 B	29,8 B
UFVM77-0357	63,5 B	130,5 B	35,5 A
UFVM77-0365	64,0 A	142,8 A	28,0 B
UFVM77-0361	65,0 A	147,4 A	27,5 B
UFVM77-0375	63,0 B	145,1 A	24,3 B
UFVM77-0387	63,3 B	135,1 B	27,3 B
UFVM77-0311	61,3 C	135,1 B	30,0 B
UFVM77-0323	64,5 A	146,8 A	22,5 C
UFVM77-0319	60,8 C	149,5 A	23,8 B
UFVM77-0301	61,5 C	145,3 A	24,0 B
UFVM77-0303	57,8 D	136,9 B	29,3 B
UFVM77-0315	60,5 C	128,0 B	28,8 B
UFVM77-0339	62,0 C	129,2 B	20,0 C
UFVM77-0383	61,5 C	136,4 B	14,8 C
UFVM77-0373	65,8 A	128,6 B	24,8 B
UFVM77-0347	61,8 C	135,0 B	25,3 B
UFVM77-0321	64,8 A	147,0 A	16,8 C
UFVM77-0363	63,5 B	146,2 A	16,8 C
UFVM77-0317	60,5 C	135,3 B	19,3 C
UFVM77-0325	65,5 A	145,5 A	26,0 B
UFVM77-0359	64,5 A	135,6 B	20,5 C
UFVM77-0335	59,8 C	140,3 A	17,0 C
UFVM77-0355	63,8 B	132,2 B	25,8 B
UFVM77-0327	64,3 A	147,7 A	21,3 C
UFVM77-0309	61,0 C	129,3 B	31,0 A
UFVM77-0369	61,0 C	143,6 A	9,3 D
Nativo	66,0 A	136,2 B	11,3 D
AG 9010	57,5 D	112,4 B	5,8 D
Média	62,4	138,7	25,5

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

parcela foi constituído por dez combinações híbridas, com número de espigas variando entre 40,3 e 30,8. Os grupos que apresentaram valores intermediários de número de espigas por parcela foi constituído por 33 combinações híbridas e uma testemunha (DKB 333B), com número de espigas variando entre 30 e 14,8. O grupo que apresentou menor número de espiga por parcela foi constituído por uma combinação híbrida e duas testemunhas (UFVM 100 e AG 9010), com número de espigas variando entre 11,3 e 5.

O ambiente em que foi empregado o maior nível de fósforo proporcionou maior produtividade de grãos de milho, altura de plantas e espigas e maior número de espigas, em relação ao ambiente em que foi empregado o menor nível de fósforo (Tabela 6). De acordo com Grant *et al.* (2001), geralmente o estresse de P diminui o número de espigas férteis e o número de grãos por espiga, resultando em menor produtividade de grãos.

Tabela 6 – Médias de produtividade de grãos (PG), dias para o florescimento feminino (FF), altura da planta (AP), altura da espiga (AE) e número de espiga por parcela (NE) de milho, em função de nível alto (112,5 kg ha<sup>-1</sup>) e baixo (25 kg ha<sup>-1</sup>) de fósforo, em solos cultivados de cerrado na região sul do Estado do Tocantins. Gurupi-TO, safra 2003/2004

Nível de Fósforo	Características				
	PG (kg ha <sup>-1</sup> )	FF (dias)	AP (cm)	AE (cm)	NE (unid. /parcela)
Alto	2470,4 A	62,4 B	138,7 A	62,4 A	25,5 A
Baixo	1956,1 B	64,0 A	137,0 B	59,8 B	24,0 B

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, nas colunas, não diferem, pelo teste de F, a 1% de probabilidade.

Esses resultados corroboram os obtidos por Lucena *et al.* (2000), que relataram que o fósforo, juntamente com o nitrogênio, é o nutriente que, em condições naturais, mais limita a produção de grãos no Brasil, especialmente a das gramíneas.

### Conclusões

Os cultivares mais adaptados às condições do cerrado do sul do Tocantins, cultivados na safrinha, são UFVM77-0385, UFVM77-0367 e UFVM77-0349.

Os cultivares comerciais avaliados são inadequados para o estresse de alta temperatura presentes na safrinha, no Estado do Tocantins.

## Referências bibliográficas

- BLAIR, G. Nutrient efficiency what do we really mean? In: RANDALL, P. J.; DELHAITZE, E.; RICHARDS, R. A.; MUNNS, R. (Ed.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 205-213. (Developments in Plant and Soil Sciences, 50).
- CHAUBEY, C. N.; SENADHIRA, D.; GREGORIO, G. B. Genetic analysis of tolerance for phosphorus deficiency in rice (*Oryza sativa* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 89, n. 2-3, p. 313-317, 1994.
- DUARTE, A. P. Milho safrinha: características e sistemas de produção. In: GALVÃO, J. C. C; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa; UFV, 2004. p.109-138.
- DUARTE, A. P.; CRUZ, J. C. Manejo do solo e semeadura do milho safrinha: In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6., Londrina. **Anais...** Londrina: Iapar, 2001. p.45-71.
- DUARTE, A. P.; KANTHACK, R. A. D.; SPINOSA, W.; ALLIPRANDINI, L. F. Efeito da geada na produção e qualidade de grãos de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE A CULTURA DO MILHO SAFRINHA, 3., 1995, Assis. **Resumos...** Campinas: IAC/Centro de Desenvolvimento Agropecuário do Médio Vale do Paranapanema, 1995. p. 61-64.
- FAGERIA, N. K. Eficiência de uso de fósforo pelos genótipos de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.128-131, 1998.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Phosphorus-use efficiency by corn genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 10, p.1267-1277, 1997.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.
- FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; BORDIN, L.; COICEV, L.; FORNASIERI FILHO, D. Desempenho agrônomo de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 235-241, 2003.
- FIDELIS, R. R. **Metodologias de seleção para eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação do nitrogênio em germoplasma de milho**. 2003. 37 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
- GERAGE, A. C.; BIANCO, R. A produção de milho na “safrinha”. **Informe Agropecuário**, Brasília, v. 14, n. 1/2, p.21-25, 1990.
- GOURLEY, C. J. P.; ALLAN, D. L.; RUSSELE, M. P. Plant nutrient efficiency: A comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 158, n. 1, p.29-37, 1994.
- GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba: POTAFOS, 2001. 5 p. (Informações Agrônomicas, 95).
- LAFITTE, H. T.; ESMEADES, G. O.; JOHNSON, E. C. Temperature responses of tropical maize cultivars selected for broad adaptation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 49, n. 1, p. 215-229, 1997.

- LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. Sarvier: São Paulo, 1995. 839 p.
- MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R. **Estresse ambiental: o milho em perspectiva**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1991. 47 p.
- MACHADO, C. T. de T.; FURLANI, A. M. C.; MACHADO, A. T. Índices de eficiência de variedades locais e melhoradas de milho ao fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p.25-238, 2001.
- MACHADO, C. T. de T.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; MACHADO, A. T. Variabilidade entre genótipos de milho para eficiência no uso de fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p.109-124, 1999.
- MERCOESTE. **Perfil competitivo do Estado do Tocantins/Mercoeste-Tocantins**. Brasília, 2001.
- OLIVEIRA, V. R.; CASALI, V. W. D.; PEREIRA, P. R. G.; CRUZ, C. D.; PIRES, N. M. Tolerância de genótipos de pimentão ao baixo teor de fósforo no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n.1, p.125-139, 1999.
- PICANÇO, M. C.; SEMEÃO, A. A.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, E. M.; BARROS, E. C. Fatores de perdas em cultivares de milho safrinha. **Acta Scientiarum**, Agronomy, Maringá, v. 26, n. 2, p.161-167, 2004.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.
- SANS, L. M. A.; MORAIS, A. V. C.; GUIMARÃES, D. P. **Cultivo do milho – Zoneamento agrícola**. Sete Lagoas, (Comunicado Técnico, 37), 2002.
- SANT'ANA, W. P.; SANT'ANA, E. V. P.; FAGERIA, N. K.; FREIRE, A. B. Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea da planta de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p.370-381, 2003.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Releigh, n. 30, p. 507-512, 1974.
- SILVA, A. E. da; GABELMAN, W. H. Screening maize inbred lines for tolerance to low-P stress condition. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 146, n. 1-2, p.181-187, 1992.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

## Capacidade de combinação de populações de milho

**Resumo:** Os objetivos do presente trabalho foram avaliar o potencial de cultivares comerciais de milho como genitores para programas de melhoramento sob estresse de fósforo; comparar o controle genético da produtividade de grãos em ambiente de alto e baixo fósforo; e definir qual a melhor estratégia de desenvolvimento de cultivares para o melhoramento. Para obtenção das combinações híbridas, foram selecionados nove cultivares comerciais de milho, oriundos de diferentes programas de melhoramento, classificados como adaptados às condições de solos de cerrado. Os cruzamentos foram feitos no esquema de fileiras pareadas, no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, e o ensaio de avaliação das combinações híbridas foi conduzido na área Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi. Para simular ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram utilizadas doses de 25 e 113 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio, respectivamente. As características avaliadas foram peso de grãos, altura da planta, altura da espiga, dias para florescimento feminino e número de espigas por parcela. Para avaliar o comportamento dos cultivares, as características foram submetidas à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott. As análises dialélicas individuais para cada ambiente e conjunta para todas as características foram realizadas por meio do método 4, proposto por Griffin, utilizando apenas as combinações híbridas. Concluiu-se que, dos cultivares testados, o DKB 350 é o genitor mais indicado nos dois ambientes; considerando as características avaliadas, os efeitos genéticos aditivos mostraram-se mais importantes que os efeitos genéticos não-aditivos no ambiente de alto e baixo P; e que a seleção recorrente recíproca, visando a otimização do potencial produtivo, é a melhor estratégia de melhoramento de milho para os ambientes.

## Corn population combination ability

**Resumo:** This work aimed to evaluate the potential of commercial corn cultivars as progenies in breeding programs under phosphorus stress; to compare grain yield genetic control in high and low phosphorus environments; and to define the best strategy for cultivar development for breeding purposes. In order to obtain the hybrid combinations, nine commercial corn cultivars were used, originated from different breeding programs, classified and adapted to cerrado soil conditions. The crosses were performed according to the paired row configuration at the Diogo Alves de Mello Experimental Field of the Department of Plant Science of the Universidade Federal de Viçosa, and the hybrid combination evaluation assay at the experimental area of the Universidade Federal do Tocantins, Gurupi Campus. To simulate environments with low and high phosphorus levels, doses of 25 and 113 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were used in seeding, respectively. The traits evaluated were: grain weight, plant height, ear height, days for female flowering and number of ears per plot. To evaluate cultivar behavior, the traits were submitted to analysis of variance and the means were grouped by the Scott-Knott test. Individual diallelic analyses for each environment and combined analyses for all the traits were carried out by method 4, proposed by Griffin, using only the hybrid combinations. It was concluded that among the cultivars tested, DKB 350 is the most indicated progeny for both environments; based on the traits evaluated, the additive genetic effects were found to be more important than the non-additive genetic effects in the high and low P environments; and that reciprocal recurrent selection, aimed at productive potential optimization is the best corn breeding strategy for the environments.

## Introdução

O milho é plantado em todo o território brasileiro, destacando-se das demais culturas por ocupar a segunda maior área cultivada no País. É matéria-prima essencial nas cadeias produtivas de carnes (suínos, aves e bovinos), ovos e leite, na fabricação de óleos e farinhas e na produção de milhos especiais (milho-verde, milho-pipoca e minimilho) (GALVÃO e MIRANDA, 2004; MIRANDA e GALVÃO, 2005; MIRANDA *et al.*, 2005a,b). A produtividade média de grãos de milho no Brasil está em torno de 3.280 kg ha<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2005), que é considerada baixa.

Para produção comercial de milho, é importante ter híbridos que possuam alto potencial de rendimento e que respondam favoravelmente quando cultivados em diferentes ambientes. As diferenças genéticas e ambientais contribuem para a variação fenotípica e para a interação dos genótipos com ambientes. Esta interação reduz a correlação entre o fenótipo e o seu genótipo, restringindo a validade das inferências sobre o comportamento do ponto de vista do melhoramento e da herança de caracteres quantitativos (LOCATELLI *et al.*, 2002). É importante avaliar as magnitudes das interações genótipos x ambientes, para orientar as estratégias de melhoramento e a recomendação de cultivares em função da estabilidade fenotípica dos genótipos para cada região.

O melhoramento genético de milho visa essencialmente a obtenção de uma população melhorada. O objetivo principal é aumentar a frequência dos genes favoráveis desejados, representados por sua média genotípica (MACHADO e MAGNAVACA, 1991). A heterose, nos programas de melhoramento de milho, pode ser explorada por meio de cultivares classificados em grupos heteróticos complementares que se caracterizam pela heterose manifestada em seus híbridos.

Dentre os delineamentos genéticos, os dialelos têm particular importância no melhoramento e são definidos como sendo todos os cruzamentos possíveis dentro de determinado grupo de genitores. O potencial do genitor no melhoramento, segundo diversos autores citados por Cruz (1983), é determinado pela capacidade geral de combinação. Segundo Gardner e Eberhart (1956), por meio de estudos em que são utilizados cruzamentos dialélicos, o melhorista de plantas busca a tomada de decisões concernentes à seleção de genitores que mostrem características superiores nas combinações híbridas. Os cruzamentos dialélicos têm sido utilizados por vários autores na formação de híbridos. Como exemplo, Vasal *et al.* (1992), Ferrão *et al.* (1994), Lemos *et al.* (1999) e Gama *et al.* (2002) desenvolveram trabalhos e apresentaram resultados com híbridos de linhagens de milho de diferentes bases genéticas.

As metodologias de análise dialélica mais comumente utilizadas são as de Griffing (1956), em que são estimados os efeitos e as somas de quadrados de efeitos da capacidade geral e específica de combinação; a proposta por Gardner e Eberhart (1966), na qual são avaliados os efeitos de variedades e heterose varietal; e a proposta por Hayman (1954), que dá informações sobre o mecanismo básico de herança do caráter em estudo, dos valores genéticos dos genitores utilizados e do limite de seleção (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar o potencial de cultivares comerciais de milho como genitores para programas de melhoramento sob estresse de fósforo; comparar o controle genético da produtividade de grãos em ambiente de alto e baixo fósforo; e definir qual a melhor estratégia de desenvolvimento de cultivares para o melhoramento.

### **Material e métodos**

Para obtenção das combinações híbridas foram selecionados nove cultivares comerciais de milho, C 333 B, C 901, CO 32, DKB 350, P 3041, P 30F88, Z 8410, Z 8420 e Z 8480, oriundos de diferentes programas de melhoramento, com potencial produtivo satisfatório, e classificados como adaptados às condições de solos de cerrado. Os cultivares foram plantados no primeiro semestre de 2003 no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Os cruzamentos foram feitos no esquema de fileiras pareadas, tendo sido realizados manualmente planta a planta, de maneira que cada combinação híbrida foi representada por pelo menos 50 espigas.

Os tratos culturais consistiram de aplicação de herbicidas e inseticidas, com produtos recomendados para a cultura do milho.

O ensaio de avaliação das combinações híbridas foi conduzido na área Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, situada a 11° 43' de latitude sul e 49° 15' de longitude oeste, em uma altitude de 300 m.

O solo onde se instalou o experimento (Latosolo Vermelho-Amarelo Distrófico) foi cultivado durante dez anos em sistema de plantio convencional e rotação soja/sorgo ou soja/milho e recebeu as adubações recomendadas para as culturas. As características químicas do solo encontram-se na Tabela 1.

O plantio foi realizado no dia 6 de fevereiro do ano agrícola de 2003/2004, época mais indicada para a semeadura na região sul do Estado do Tocantins, em solos de terras altas, como forma de obter o estresse desejado.

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área do experimento. Gurupi-TO, 2004

Amostra (cm)	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mel.)	MO	pH
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>		(%)	CaCl2
0-20	2,2	1	1,8	80	1,2	3,1	5,5

O ensaio foi constituído de 39 tratamentos, correspondentes a 36 híbridos interpopulacionais, oriundos de um bloco de recombinação entre nove populações genitoras e de três testemunhas (AG 9010, C 333 B e UFVM 100) (Tabela 2).

Tabela 2 – Caracterização dos cultivares comerciais de milho utilizados como genitores<sup>1</sup> e testemunhas<sup>2</sup>

Cultivar	Tipo	Ciclo	Tipo de Grão
C 9011	Híbrido simples	Superprecoce	Semiduro
P 30411	Híbrido triplo	Precoce	Duro
AG 90101,2	Híbrido simples modificado	Superprecoce	Semiduro
Z 84801	Híbrido simples	Precoce	Semidente
C 333 B1,2	Híbrido simples modificado	Semiprecoce	Semiduro
UFVM1002	Variedade	Precoce	Semidente
Z84201	Híbrido simples	Precoce	Duro
Z 84101	Híbrido simples	Precoce	Duro
P 30F881	Híbrido simples	Semiprecoce	Duro
CO 321	Híbrido triplo	Precoce	Semiduro
DKB 3501	Híbrido simples	Precoce	Semiduro

<sup>1</sup> genitor; <sup>2</sup> testemunhas.

Foi utilizado o preparo convencional do solo, com uma aração e duas gradagens. A adubação de semeadura foi realizada, utilizando-se 23 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio e 68 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para simular ambientes com baixo e alto níveis de fósforo, foram utilizadas as doses 25 e 113 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. A adubação de cobertura foi feita com 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, parcelada em duas vezes, sendo a primeira no estágio fenológico de quatro e a segunda no de oito folhas completamente expandidas. Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso com duas repetições. Cada parcela experimental foi constituída por duas fileiras de 5,0 m de comprimento. O espaçamento entre fileiras foi de 0,90 m e na linha de 0,20 m entre plantas, sendo o estande final estimado, após o desbaste, de 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>.

As seguintes características foram avaliadas:

- Altura da planta (AP): medida, em cm, após o pendoamento, da superfície do solo à inserção da folha-bandeira, em cinco plantas competitivas por parcela.

- Altura da espiga (AE): medida, em cm, após o pendoamento, da superfície do solo à inserção da espiga superior no colmo, nas mesmas cinco plantas avaliadas para altura, por parcela.

- Dias para florescimento feminino (FF): número de dias decorrentes da emergência até a emissão da inflorescência feminina (boneca), em 50% das plantas da parcela.

- Número de espigas por parcela (NE): número de espigas por parcela no momento da colheita.

- Peso de grãos (PG): peso de grãos, em kg/parcela, transformado para  $\text{kg ha}^{-1}$  e corrigido para 13% de umidade.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o uso do aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows (CRUZ, 2004).

Para análise de variância das características avaliadas em cada ambiente, os efeitos de cultivares foram considerados fixos e os demais, aleatórios. O modelo estatístico adotado foi:

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

em que

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

$\mu$  = média geral do ensaio;

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

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

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

Também foram realizadas as análises conjuntas. Previamente a estas, foi verificada a homogeneidade das variâncias residuais, utilizando-se a relação de 7:1 entre a maior e a menor variância residual (GOMES, 2000). Uma vez que para todas as análises não foi verificada a superioridade da relação a esse limite, foi possível efetuar as análises conjuntas para todas as características, segundo o modelo estatístico:

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

em que

$Y_{ijk}$  = observação no  $k$ -ésimo bloco, avaliado no  $i$ -ésimo tratamento e  $j$ -ésimo ambiente;

$\mu$  = média geral do ensaio;

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

$t_i$  = efeito do tratamento  $i$ ;

$a_j$  = efeito do ambiente  $j$ ;

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

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

Foi empregado o teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para discriminação dos grupos entre tratamentos.

A metodologia utilizada para estimar os efeitos de CGC e CEC foi a proposta por Griffing (1956), método 4, utilizando apenas as combinações híbridas.

Foram realizadas as análises dialélicas em cada ambiente, para todas as características avaliadas, empregando o modelo genético estatístico:

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

em que

$Y_{ij}$  = média experimental associada ao tratamento de ordem  $ij$ ;

$\mu$  = efeito da média geral;

$G_i$  e  $G_j$  = efeitos da CGC associados ao  $i$  e  $j$ -ésimo genitor;

$S_{ij}$  = efeito da CEC entre os genitores  $i$  e  $j$ ; e

$\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem  $ij$ .

Também foi realizada a análise dialélica conjunta para todas as características avaliadas, empregando o modelo genético estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + A_k + (GA)_{ik} + (GA)_{jk} + (SA)_{ijk} + \bar{\varepsilon}_{ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$  = média experimental associada ao tratamento de ordem  $ijk$ ;

$\mu$  = efeito da média geral;

$G_i$  e  $G_j$  = efeitos da CGC associados ao  $i$  e  $j$ -ésimo genitor;

$S_{ij}$  = efeito da CEC entre os genitores  $i$  e  $j$ ;

$A_k$  = efeito do ambiente  $k$ ;

$(GA)_{ik}$  e  $(GA)_{jk}$  = efeitos da interação entre a CGC associados ao  $i$ -ésimo e ao  $j$ -ésimo genitor com os ambientes, respectivamente;

$(SA)_{ijk}$  = efeito da interação entre a CEC entre os genitores  $i$  e  $j$  e o ambiente; e

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem  $ijk$ .

## Resultados e discussão

### *Análise de variância individual*

Os coeficientes de variação das características avaliadas encontram-se na faixa considerada média por Scapim *et al.* (1995), indicando adequada qualidade do conjunto de dados para inferência estatística (Tabelas 3 e 4). Resultados semelhantes também foram obtidos por Oliveira (2005), testando 14 combinações híbridas em ambiente orgânico e convencional.

No ambiente onde foi aplicada alta dose de fósforo, o efeito de tratamentos foi significativo para todas as características (Tabela 3). Tanto as testemunhas quanto as

Tabela 3 – Resumo das análises de variância individual para as características produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura da planta (AP, cm), altura da espiga (AE, cm), número de espiga por parcela (NE) e florescimento feminino (FF), no ambiente em que foi empregado alta dose de P

FV	GL	Quadrado Médio				
		PG	AP	AE	NE	FF
Blocos	1	1764 <sup>ns</sup>	392,63*	47,71 <sup>ns</sup>	33,35 <sup>ns</sup>	11,54 <sup>ns</sup>
Tratamentos	(38)	1089486*	177,81*	79,7*	143,2*	10,05*
Combinções híbridas (CH)	35	873092*	149,94*	56,5*	113,88*	7,6*
CGC	8	1159702*	181,51*	65,79*	135,98*	8,79**
CEC	27	788171*	140,58*	53,75*	107,34*	7,17**
Testemunhas	2	3903486*	386,43*	463,73*	332,67*	57,17*
CH vs testemunhas	1	3035264*	736,02*	123,64*	790,46*	1,46 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	148988	64,42	24,07	21,08	4,17
Total	77					
Média geral		2474	140,14	62,99	27,63	61,05
Média CH		2531	141	63	29	61
Média das testemunhas		1790,1	129,9	60,1	14,8	60,2
CV (%)		15,6	5,72	7,79	16,62	3,34

<sup>ns</sup> não-significativo e \*\* e \* significativos para P < 0,01 e P < 0,05, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância individual para as características produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura da planta (AP, cm), altura da espiga (AE, cm), número de espiga por parcela (NE) e florescimento feminino (FF), no ambiente em que foi empregado baixa dose de P

FV	GL	Quadrado Médio				
		PG	AP	AE	NE	FF
Blocos	1	2904,82 <sup>ns</sup>	84,12 <sup>ns</sup>	210,05**	258,51**	22,62**
Tratamentos	(38)	847331**	163,9*	80,89**	121,28**	6,78**
Combinções híbridas (CH)	35	685632**	131,66 <sup>ns</sup>	54,43 <sup>ns</sup>	92,73**	5,27 <sup>ns</sup>
CGC	8	1035547**	82,43 <sup>ns</sup>	46,6 <sup>ns</sup>	130,86**	7,32 <sup>ns</sup>
CEC	27	581954**	146,24 <sup>ns</sup>	56,75 <sup>ns</sup>	81,43**	4,67 <sup>ns</sup>
Testemunhas	2	511831**	428,22**	209,58**	56,17 <sup>ns</sup>	34,67**
CH vs Testemunhas	1	7177778**	763,66**	749,61**	1250,75**	3,85 <sup>ns</sup>
Resíduo	38	94657	92,3	42,1	19,8	3,56
Total	77					
Média geral		1961,9	138,35	60,72	24,05	64,51
Média CH		2049	139	62	25	64
Média das testemunhas		911,81	126,8	49,9	10,33	65,67
CV (%)		15,68	6,94	10,69	18,5	2,93

<sup>ns</sup> não-significativo e \*\* e \* significativos para P < 0,01 e P < 0,05, pelo teste F, respectivamente.

combinações híbridas apresentaram comportamento estatisticamente diferente para todas as características.

O contraste CH vs testemunhas foi significativo para quatro características, exceto para florescimento feminino (Tabela 3). A não-significância do contraste CH vs testemunhas para florescimento feminino mostra a semelhança no comportamento médio das testemunhas e das combinações híbridas, evidenciando que as combinações encontram-se dentro do padrão comercial, já que apresentam ciclo (dias para florescimento feminino) semelhante aos ciclos de cultivares comerciais. Por outro lado,

a significância dos contrastes para as demais características mostra a superioridade de algumas CH em relação às testemunhas.

A significância da capacidade geral de combinação (CGC), em todas as características avaliadas (Tabela 3), indica a presença de alelos aditivos favoráveis específicos para o ambiente de alto fósforo em alguns genitores avaliados, mostrando que é possível a seleção de genitores, com base nestas características, para ambiente de alto P.

A significância da capacidade específica de combinação (CEC) em todas as características avaliadas (Tabela 3) indica a presença de heterose e, portanto, uma complementação gênica. Oliveira (2005) relatou que a maioria dos caracteres estudados não apresentou significância da CEC, indicando que os efeitos aditivos dos alelos são superiores aos efeitos não-aditivos no conjunto de genitores testados em ambiente orgânico.

No ambiente onde foi aplicada baixa dose de fósforo, houve efeito de tratamentos para todas as características (Tabela 4). O efeito das combinações híbridas (CH) foi estatisticamente significativo para as características produtividade de grãos e número de espigas, indicando comportamento médio diferente entre elas. Houve diferença estatística entre as testemunhas quanto às características produtividade de grãos, altura de planta, altura de espiga e florescimento feminino. Portanto, a significância de tratamentos para altura de plantas, altura de espigas e florescimento feminino foi devido à diferença entre as testemunhas, e não entre as combinações híbridas. Já para número de espigas foi devido à diferença entre as combinações híbridas e não entre as testemunhas. O contraste CH vs testemunhas, semelhantemente ao ambiente em que foi empregada alta dose de P, também foi significativo para quatro características, exceto para florescimento feminino (Tabela 4). A não-significância do contraste CH vs testemunhas para florescimento feminino mostra a semelhança no comportamento médio das testemunhas e das combinações híbridas, caracterizando a viabilidade das CH, já que apresentam ciclo (dias para florescimento feminino) semelhante aos ciclos de cultivares comerciais. Por outro lado, a significância dos contrastes para as demais características mostra comportamento diferente das testemunhas e das CH para estas características, no ambiente onde foi aplicada baixa dose de P.

No ambiente de baixo P, o efeito da CGC foi significativo apenas para as características produção de grãos e número de espigas, indicando a presença de alelos aditivos favoráveis, específicos para o ambiente de baixo fósforo. O efeito da capacidade específica de combinação, assim como o da CGC, foi significativo apenas nas características produção de grãos e número de espigas, indicando a presença de heterose e,

portanto, uma complementação gênica (Tabela 4). A não-significância da CEC para as características altura de planta, altura de espiga e florescimento feminino indica que os efeitos aditivos dos alelos são superiores aos efeitos não-aditivos nesse grupo de genitores.

A média das combinações híbridas para as características produção de grãos e número de espiga no ambiente de alto P foi aproximadamente, 25 e 20% maior que no ambiente de baixo P, respectivamente, para as mesmas características, como também foi cerca de 40 e 100% maior que a média das testemunhas no ambiente de alto P (Tabelas 3 e 4).

### ***Análise de variância conjunta***

As interações tratamentos x ambientes (T x A) e as combinações híbridas x ambientes (CH x A) foram significativas para produtividade de grãos e número de espigas (Tabela 5), mostrando que as médias dos tratamentos e das combinações híbridas foram influenciadas pelos ambientes; portanto, é possível a otimização da produtividade com a seleção para cada ambiente.

A interação testemunhas x ambientes foi significativa apenas para a característica produtividade de grãos; a não-significância dessa interação para as outras características comprova a estabilidade desses materiais, por já terem passado pelo processo de melhoramento.

Para as características produtividade de grãos, altura de planta, número de espiga e florescimento feminino, a interação entre o contraste (CH vs test.) x ambientes foi não-significativa, mostrando que a média das testemunhas e das combinações híbridas não foi influenciada pelos ambientes. Para altura de espiga essa interação foi significativa, mostrando haver diferença de comportamento entre combinações híbridas e testemunhas e a possibilidade de seleção para estas características (Tabela 5).

### ***Análise dialélica conjunta***

Para o efeito de CGC, não foi observada diferença significativa para produtividade de grãos, porém a interação CGC x ambientes foi significativa, mostrando que neste caso os efeitos genéticos aditivos foram influenciados de forma significativa pelos ambientes (Tabela 6). Desta forma, o controle genético e a seleção dos genitores são específicos em cada ambiente.

O efeito de CEC foi significativo para produtividade de grãos, número de espiga e florescimento feminino, mostrando que os efeitos genéticos não-aditivos foram diferentes na determinação dessas características. A interação CEC x ambientes foi não-

Tabela 5 – Resumo das análises de variância conjunta para as características produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura da planta (AP, cm), altura da espiga (AE, cm), número de espiga por parcela (NE), estande final (EF) e florescimento feminino (FF)

FV	GL	Quadrado Médio				
		PG	AP	AE	NE	FF
Blocos/Ambientes	2	2334 <sup>ns</sup>	238,37 <sup>ns</sup>	128,88*	145,93**	17,08*
Tratamentos (T)	(38)	1253294**	238,24**	114,11**	232,24**	12,85**
Combinções híbridas (CH)	35	874883**	172,19**	70,47**	172,64**	8,88**
Testemunhas (Test.)	2	3616506**	769,72**	584,64**	230,33**	88,57**
CH vs Test.	1	9771257**	1487,03**	700,45**	2322,06**	0,36 <sup>ns</sup>
Ambientes (A)	1	10213890**	125,64 <sup>ns</sup>	200,83*	498,98**	467,31**
T x A	38	683522**	103,47 <sup>ns</sup>	46,47 <sup>ns</sup>	32,31**	3,98 <sup>ns</sup>
CH x A	35	683842**	109,4 <sup>ns</sup>	40,47 <sup>ns</sup>	33,79**	4,05 <sup>ns</sup>
Test. x A	2	798812**	44,92 <sup>ns</sup>	88,66 <sup>ns</sup>	20,89 <sup>ns</sup>	3,25 <sup>ns</sup>
CH vs Test. x A	1	441784 <sup>ns</sup>	130,02 <sup>ns</sup>	172,09**	3,35 <sup>ns</sup>	2,99 <sup>ns</sup>
Resíduo	76	121823	78,36	33,09	20,44	3,87
Total	155					
Média Geral		2217,78	139,24	61,85	25,84	62,78
Média CH		2289,98	140,18	62,42	26,94	62,77
Média das Testemunhas		1350,93	128,37	54,98	12,58	62,92
CV (%)		15,74	6,36	9,3	17,45	3,13

<sup>ns</sup> não-significativo e \*\* e \* significativos para P < 0,01 e P < 0,05, pelo teste F, respectivamente.

Tabela 6 – Resumo das análises dialéticas conjuntas para as características produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura da planta (AP, cm), altura da espiga (AE, cm), número de espiga por parcela (NE) e florescimento feminino (FF)

FV	GL	Quadrado Médio				
		PG	AP	AE	NE	FF
Tratamentos	(38)	1253295**	238,24**	114,11**	232,24**	12,85**
CGC	8	768293 <sup>ns</sup>	177,29 <sup>ns</sup>	93,05**	197,23**	12,43**
CEC	27	906466*	170,68 <sup>ns</sup>	63,77 <sup>ns</sup>	165,36**	7,84*
Ambientes	1	10213890**	125,64 <sup>ns</sup>	200,83*	498,98**	467,31**
CGC x A	8	1426958**	86,65 <sup>ns</sup>	19,34 <sup>ns</sup>	69,61**	3,67 <sup>ns</sup>
CEC x A	27	463659**	116,14 <sup>ns</sup>	46,73 <sup>ns</sup>	23,41 <sup>ns</sup>	4,15 <sup>ns</sup>
Resíduo	76	121823	78,36	33,09	20,44	3,87

<sup>ns</sup> não-significativo e \*\* e \* significativos para P < 0,01 e P < 0,05, pelo teste F, respectivamente.

significativa para todas as características avaliadas, evidenciando que os grupos heteróticos utilizados no ambiente de alto fósforo podem ser usados no ambiente de baixo fósforo (Tabela 6). Com isso, a seleção recorrente recíproca, visando o aumento da frequência de alelos favoráveis e a heterose, seria o procedimento mais adequado.

Pelo teste de Scott-Knott foram formados quatro grupos de cultivares, sendo considerados os mais produtivos no ambiente de alto P os cultivares com produtividade acima de 2.959 kg ha<sup>-1</sup>, e no ambiente de baixo P, os cultivares com produtividade acima de 2.674 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 7).

As combinações híbridas que se destacaram quanto à produtividade no ambiente de alto P foram DKB 350 x Z 8410 e P 3041 x DKB 350, com 3.604 e 3.500 kg ha<sup>-1</sup>,

Tabela 7 – Média de produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) das combinações híbridas e das testemunhas nos ambiente de alto e baixo P, porcentagem de acréscimo ou redução na produção dos cultivares, em relação ao ambiente de alto P (convencional) e média da estimativa da CEC para a característica produtividade de grãos nos dois ambientes

Cultivar	Alto P	Baixo P	%	CEC
C 901 x P 3041	2256 c	1730 c	-30	-146,45
C 901 x Z 8480	3034 a	2172 b	-40	158,58
C 901 x P30F88	3263 a	1961 b	-66	163,1
C 901 x C 333 B	1379 d	2700 a	96	-123,35
C 901 x CO 32	2430 b	3188 a	-76	261,38
C 901 x Z 8420	2979 a	2095 b	-42	125,25
C 901 x DKB 350	2118 c	2880 a	-74	106,35
C 901 x Z 8410	1777 c	1697 c	-05	-274,58
P 3041 x Z 8480	1860 c	1138 d	-63	-393,5
P 3041 x P30F88	2430 b	1509 c	-61	-158,43
P 3041 x C 333 B	1745 c	2826 a	62	-0,27
P 3041 x CO 32	1473 d	2459 b	67	-160
P 3041 x Z 8420	2854 b	2357 b	-21	159,63
P 3041 x DKB 350	3500 a	1984 b	-76	227,85
P 3041 x Z 8410	3020 a	2034 b	-48	120,55
Z 8480 x P30F88	3079 a	2701 a	-14	302,00
Z 8480 x C 333 B	2743 b	2269 b	-21	109,8
Z 8480 x CO 32	3320 a	1609 c	-106	89,13
Z 8480 x Z 8420	1604 c	1456 c	-10	-378,05
Z 8480 x DKB 350	2715 b	2674 a	-02	204,08
Z 8480 x Z 8410	1701 c	1858 c	09	-253,4
P30F88 x C 333 B	2581 b	1754 c	-47	-59,12
P30F88 x CO 32	1833 c	1481 c	-24	-314,53
P30F88 x Z 8420	2706 b	2290 b	-18	105,83
P30F88 x DKB 350	3187 a	2919 a	-09	383,4
P30F88 x Z 8410	1298 d	1186 d	-9	-521,98
C 333 B x CO 32	2822 b	748 d	-277	-250,45
C 333 B x Z 8420	1944 c	1911 c	-02	-179,28
C 333 B x DKB 350	2557 b	2238 b	-14	55,63
C 333 B x Z 8410	2959 a	2343 b	-26	182,38
CO 32 x Z 8420	3250 a	1828 c	-78	126,48
CO 32 x DKB 350	3458 a	2416 b	-43	325,25
CO 32 x Z 8410	2054 c	1375 c	-49	-285,68
Z 8420 x DKB 350	3048 a	3002 a	-02	369,35
Z 8420 x Z 8410	2502 b	1791 c	-40	-70,05
DKB 350 x Z 8410	3604 a	1299 c	-177	82,55
Nativo	1284 d	774 d	-66	-
DKB 333B	3369 a	1474 c	-129	-
AG 9010	715 d	488 d	-46	-
Média Geral	2470,4	1956,1	-40,4	-
Média CH	2520,6	2052,7	-37,1	-
Média Testemunhas	1790	912,5	-80,3	-

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

respectivamente. No ambiente de baixo P destacaram-se C 901 x CO 32 e Z 8420 x DKB 350, com 3.188 e 3.002 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 7).

No ambiente de alto P, apresentaram produtividade acima da média sete CH nas quais o DKB 350 foi um dos genitores, seis CH nas quais o Z 8420 foi um dos genitores, cinco CH nas quais o Z 8480, P30F88 e C 333 B foram um dos genitores,

quatro CH nas quais o CO 32 e o Z 8410 foram um dos genitores, três CH nas quais o P 3041 foi um dos genitores e duas CH nas quais o C 901 foi um dos genitores. No ambiente de baixo P, apresentaram produtividade acima da média sete CH nas quais o DKB 350 foi um dos genitores, seis CH nas quais o C 901 foi um dos genitores, cinco CH nas quais o P 3041, C 333 B e Z 8420 foram um dos genitores, quatro CH nas quais o Z 8480 e P30F88 foram um dos genitores e três CH nas quais o CO 32 e Z 8410 foram um dos genitores. Esse resultado ratifica a especificidade do genitor para cada ambiente, otimizando a interação genótipos x ambientes. Nota-se, também, que existem cultivares com maior adaptação, como é o caso do DKB 350.

A variação na produção das combinações híbridas (Tabela 7) foi de -277% (C 333 B x CO 32) a 96% (C 901 x C 333 B) entre os ambientes de alto e baixo P, o que explica a significância da interação CH x ambientes, mostrando ser possível a seleção específica para cada ambiente. A significância da interação test. x ambientes também é justificada pela variação de -129% (C 333 B) a -46% (AG 9010).

Independentemente do ambiente (alto e baixo P), a testemunha que apresentou maior produtividade foi o C 333 B (3.369 e 1.474 kg ha<sup>-1</sup>). No ambiente de alto P, 13 CH foram classificadas no mesmo grupo desta testemunha, ou seja, no grupo mais produtivo, evidenciando a potencialidade de desempenho das combinações híbridas. Já no ambiente de baixo P, oito CH foram classificadas no melhor grupo estatístico, que por sua vez não apresentava nenhuma testemunha, evidenciando a falta de cultivares adaptados a esse ambiente e o provável sucesso de um programa de melhoramento específico para tal condição.

A média geral, a média das combinações híbridas e a média das testemunhas foram maiores no ambiente de alto P, em relação ao de baixo P, 26, 23 e 96%, respectivamente.

Observou-se que, para a maioria das características avaliadas, o quadrado médio do efeito da CGC foi superior ao quadrado médio da CEC, indicando que, neste estudo, os efeitos genéticos aditivos foram mais importantes na expressão dessas características.

A significância e, ou, a predominância de um dos tipos de efeitos genéticos é propriedade das populações envolvidas nos dialelos (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992), de modo que os resultados obtidos serão específicos para o conjunto de genitores avaliados.

As três combinações híbridas mais produtivas no ambiente de alto P (Tabela 7) tiveram como um de seus pais o cultivar DKB 350, que, por sua vez, apresentou maior estimativa de capacidade geral de combinação (Tabela 8). Com base na média das

Tabela 8 – Estimativas da CGC dos genitores para a característica produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) nos ambientes

<b>Genitores</b>	<b>Alto P</b>	<b>Baixo P</b>
C 901	-115,55	250,69
P 3041	-127,81	-47,5
Z 8480	-13,21	-67,47
P 30F88	27,15	-77,01
C 333	-178,77	46,44
CO 32	59,95	-164,16
Z 8420	90,61	38,96
DKB 350	503,1	374,13
Z 8410	-155,66	-354,44

combinações híbridas e na estimativa da CGC, pode-se observar que entre as combinações que apresentaram média de produtividade de grãos acima de 3.100 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 7) pelo menos um dos pais é um genitor com CGC positiva (Tabela 8). No ambiente de baixo P, três das quatro combinações híbridas mais produtivas tiveram como um de seus pais o cultivar DKB 350, que, por sua vez, também apresentou maior estimativa de capacidade geral de combinação (Tabela 8).

Nos dois ambientes, as combinações híbridas pertencentes ao grupo com menor média de produtividade de grãos têm como pai os dois ou pelo menos um genitor com CGC negativa (Tabelas 7 e 8).

Baixas estimativas de CGC indicam genótipos com combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos no sistema dialélico, enquanto altos valores (com sinal positivo ou negativo) indicam genótipos melhores ou piores que os outros utilizados no dialelo (SPRAGUE e TATUM, 1942).

Apesar de ser indicado que pelo menos um genitor com alta CGC seja usado na síntese de híbridos (CRUZ e REGAZZI, 1997), as combinações híbridas C 901 x Z 8480, P 3041 x Z 8410 e C 333 B x Z 8410, que estavam no grupo mais produtivo no ambiente de alto P, apresentaram CGC negativa. Este fato pode ser explicado pela existência de complementariedade entre estes genitores e manifestação da heterose na progênie, pela alta estimativa de CEC. O mesmo aconteceu com a combinação híbrida Z 8480 x P30F88 no ambiente de baixo P.

A significância da interação CEC x ambiente, verificada pela análise dialélica conjunta, mostra que as combinações híbridas apresentaram diferenças quanto à heterose nos ambientes, não sendo possível utilizar a média da CEC como parâmetro de seleção de combinações híbridas específicas.

Com base na média das estimativas da CEC dos dois ambientes, as combinações que apresentaram maiores CEC e foram classificadas no grupo considerado mais

produtivo nos dois ambientes são: Z 8480 x P30F88 e P30F88 x DKB 350 (Tabela 7). Com isso, a extração de linhagens dos genitores de cada combinação híbrida, seu cruzamento e avaliação em ambientes específicos são recomendados, visando a otimização do potencial produtivo em cada ambiente (Tabela 7).

A CEC está relacionada à distância genética entre os genitores. Valores altos, positivos ou negativos indicam que o desempenho de algumas combinações híbridas é superior ou inferior ao que seria esperado com base na média dos genitores envolvidos (SPRAGUE e TATUM, 1942).

Com base nas estimativas da CGC, pode-se realizar melhoramento específico para cada ambiente, devido à interação CGC x ambientes, por meio da seleção dos genitores que apresentaram valores positivos de CGC.

Com isso, duas alternativas poderiam ser sugeridas: a primeira seria a seleção recorrente intrapopulacional, visando o aumento da frequência de alelos favoráveis nestas populações, e a segunda seria a seleção recorrente recíproca para obtenção de híbridos.

### Conclusões

Dos cultivares testados, o DKB 350 é o genitor mais indicado nos dois ambientes.

Considerando as características avaliadas, os efeitos genéticos aditivos mostraram-se mais importantes que os efeitos genéticos não-aditivos no ambiente de alto e baixo P.

A seleção recorrente recíproca, visando a otimização do potencial produtivo, e a produção de híbridos são as melhores estratégias de melhoramento de milho para os ambientes.

### Referências bibliográficas

AGRIANUAL 2005. **Anuário da agricultura brasileira**. FNP Consultorias e AgroInformativos. Itaim, São Paulo-SP, 2005. p 409-424.

CRUZ, C. D. **Análise dialéctica e correlações entre caracteres em combinações híbridas de linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L.)**. 1983. 54 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CRUZ, C. D. **Programa GENES**: Aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows. Viçosa-MG. UFV, 2004. 442 p. (software versão 2.1 – 2004).

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1994. 390 p.

- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa-MG: UFV, 1997. 390 p.
- FERRÃO, R. G.; GAMA, E. E. G.; CARVALHO, H. W. L.; FERRÃO, M. A. G. Avaliação da capacidade combinatória de 20 linhagens de milho em um diallelo parcial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 1933-1939, 1994.
- GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Produção de milho em pequenas propriedades**. Viçosa-MG: CPT, 2004. 224 p.
- GAMA, E. E. G.; MARRIEL, I. E.; GUIMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; PACHECO, C. A. P.; MEIRELES, W. M.; RIBEIRO, P. H. E.; OLIVEIRA, A. C. Capacidade de combinação para uso de nitrogênio de um grupo de linhagens selecionadas de uma população de milho tropical. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, p. 68-77, 2002.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, v. 22, p. 439-493, 1956.
- GARDNER, E. J.; EBERHART, S. A. A analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, North Caroline, v. 22, p. 439-452, 1966.
- GOMES, P. F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba, 2000. 477 p.
- 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.
- HAYMAN, B. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, Austin, v. 39, p. 789-809, 1954.
- LEMOES, M. A.; GAMA, E. E. G.; PARENTONI, S. N.; OLIVEIRA, A. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; SANTOS, J. P. B.; TABOSA, J. N. Capacidade geral e específica de combinação em híbridos simples de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, p. 48-56, 1999.
- LOCATELLI, A. B.; FEDERIZZI, L. C.; NASPOLINI FILHO, V. Capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L.) em dois ambientes. **Ciência Rural**, v. 32, n. 3, p. 365-370, 2002.
- MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R. **Estresse ambiental: o milho em perspectiva**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1991. 46 p.
- MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C. **Produção de milhos especiais** – “Campo de sementes, milho verde e milho pipoca”. Viçosa-MG: CPT, 2005. 190 p.
- MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C.; GALVÃO, J. C. C. Milho pipoca. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Ed.) **Tecnologias agrícolas para Minas Gerais** – 100 culturas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005a. p. 25-40.
- MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; SANTOS, I. C. Milho verde. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Ed.) **Tecnologias agrícolas para Minas Gerais** – 100 culturas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005b. p. 50-65.
- OLIVEIRA, L. R. **Seleção de genitores de milho para sistema de produção orgânico**. 2005. 36 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- 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.

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

VASAL, S. K.; SRINIVASAN, G.; HAN, G. C.; GONZALES, C. F. Heterotic patterns of eighty-eight white subtropical CIMMYT maize lines. **Maydica**, v. 37, p. 319-327, 1992.

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

## **Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo**

**Resumo:** O objetivo do presente trabalho foi selecionar os genótipos mais eficientes na absorção e utilização de fósforo em solos de cerrado, na safrinha. O ensaio foi constituído de 47 tratamentos, correspondentes a 44 combinações híbridas, oriundas do bloco de recombinação entre nove populações genitoras e três testemunhas, e conduzido na área Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi. Para simular ambientes com baixo e alto nível de fósforo, foram utilizadas doses de 25 e 113 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio, respectivamente. Para identificar os cultivares adequados aos ambientes, utilizou-se a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980) e por Fageria e Baligar (1993), que sugerem a classificação dos cultivares quanto à eficiência no uso e na resposta à aplicação do fósforo (eficiência e resposta - ER). A utilização do nutriente foi definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível. A resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis, dividida pela diferença entre as doses. Utilizou-se a representação gráfica no plano cartesiano, para classificar os cultivares. No eixo das abscissas, encontra-se a eficiência na utilização do fósforo e no eixo das ordenadas, encontra-se a resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. No primeiro quadrante são representados os cultivares eficientes e responsivos; no segundo, os não-eficientes e responsivos; no terceiro, os não-eficientes e não-responsivos e no quarto; os eficientes e não-responsivos. Concluiu-se que os genótipos eficientes na absorção e utilização de fósforo e responsivos ao incremento de P foram UFVM77-0331, UFVM77-0307, UFVM77-0333, UFVM77-0381, UFVM77-0313, UFVM77-0305, UFVM77-0377 e UFVM77-0345.

## **Corn population classification as to efficiency and response to phosphorus use**

**Abstract:** This work aimed to select the most efficient genotypes in phosphorus absorption and utilization in cerrado soils, during corn second crop. The essay was constituted of 47 treatments, corresponding to 44 hybrid combinations, originated from a block of recombination among nine progeny populations and three controls, and conducted at the Experimental Area of the Universidade Federal do Tocantins, Gurupi Campus. In order to simulate environments with high and low levels of phosphorus, doses of 25 and 113 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were applied in the seeding, respectively. To identify the cultivars adequate to the environments, the methodology proposed by Fageria and Kluthcouski (1980) and Fageria and Baligar (1993) was applied. These methodologies suggest cultivar classification should be conducted according to use efficiency and response to phosphorus application (efficiency and response- E&R). Nutrient utilization was defined by low level grain productivity mean. Response to nutrient utilization is obtained through the difference between grain productivity at both levels, divided by the difference between the doses. Cartesian graphic representation was used to classify the cultivars. Efficient phosphorus utilization is found at the axis of the abscissa, or of X, and response to phosphorus utilization at the axis of the ordinate, or of Y. The original point of the axis is the mean efficiency and mean response of the cultivars. The efficient and responsive cultivars are represented in the first quadrant; the non-efficient and responsive ones are represented in the second quadrant; the non-efficient and non-responsive ones in the third and the efficient and non-responsive ones in the fourth. It was concluded that the genotypes efficient in phosphorus absorption and utilization and responsive to P increase were UFVM77-0331, UFVM77-0307, UFVM77-0333, UFVM77-0381, UFVM77-0313, UFVM77-0305, UFVM77-0377 and UFVM77-0345.

## Introdução

No Brasil, uma das opções do aumento da produção é a expansão da agricultura e o aumento da produtividade nos cerrados. Porém, nesta região os solos possuem limitações para produção agrícola devido à baixa fertilidade e elevada acidez, associada a veranicos e à falta de água disponível na prolongada estação seca (MACHADO *et al.*, 1999; FERNANDES e MURAOKA, 2002). De acordo com Monteiro (1995), a eficiência ao uso de fósforo é de fundamental importância para a cultura, por ser a mais plantada no País e ter a maior parte de sua produção oriunda de pequenas propriedades. Neste cenário, o milho tem grande importância social, econômica e cultural. É cultivado em larga escala, em aproximadamente 13.750 milhões de hectares, em sua maioria por pequenos e médios agricultores (GAMA, 2002; AGRIANUAL, 2003).

Em solos como os de cerrado, a correção normalmente se faz pela adição de altas doses de fertilizantes fosfatados, uma solução econômica e ambientalmente, de modo geral, insatisfatória. Alternativas têm sido sugeridas, entre elas o desenvolvimento de cultivares mais eficientes (FAGERIA e BALIGAR, 1997).

A diversidade inter e intra-específica para absorção, translocação, distribuição e uso de fósforo já foi observada para grande parte das culturas, entre as quais o milho (SILVA e GABELMAN, 1992). A variabilidade genética representada por todo o germoplasma de milho hoje disponível é imensa, sendo grandes os progressos alcançados mediante o melhoramento genético da cultura, com o desenvolvimento de materiais adaptados às condições adversas de clima e solo (MACHADO e MAGNAVACA, 1991).

O fósforo é um dos macronutrientes essenciais e limitantes à produtividade das lavouras de milho no Brasil, sendo suas respostas à adubação fosfatada comumente observadas (SMITH e CRAVO, 1990; RAUN e BARRETO, 1995).

A eficiência é definida como a capacidade de determinado genótipo adquirir o nutriente para incorporá-lo e utilizá-lo na produção de biomassa ou material vegetal de rendimento econômico (BLAIR, 1993), como os grãos, no caso específico dos cereais. Os critérios ou as definições de eficiência são vários e, geralmente, dividem-se entre os que enfatizam a produtividade e aqueles que enfatizam o requerimento interno do nutriente na planta (GOURLEY *et al.*, 1994), dependentes das características morfológicas, bioquímicas e fisiológicas dos vegetais.

No enfoque agroecológico da produção agrícola, a identificação de populações de plantas que possuem capacidade de absorver e utilizar o fósforo de forma eficiente é extremamente importante, pois possibilita a redução dos custos de produção, a

utilização de menor quantidade de nutrientes e a conservação do agroecossistema (MACHADO, 1997; MACHADO *et al.*, 1998a,b).

Os melhores critérios para avaliar cultivares mais eficientes na absorção e utilização do nutriente têm sido aqueles que utilizam o crescimento e desenvolvimento das plantas em condições de baixo nível do nutriente, verificando se a resposta ao nutriente é devido ao mecanismo de absorção e, ou, de utilização do nutriente para produção de matéria seca (FLEMING, 1983, citado por FURLANI *et al.*, 1985). No entanto, esta resposta não é aplicável ao melhoramento de plantas.

No melhoramento de plantas, para identificação de cultivares eficientes na absorção e utilização do nutriente, é necessário estabelecer metodologias rápidas, de baixo custo e que permitam discriminar germoplasmas com alta repetibilidade dos resultados e avaliar grande quantidade de plantas, famílias ou populações.

Fageria e Kluthcouski (1980) e Fageria e Baligar (1993) desenvolveram metodologia específica para estresse mineral aplicáveis ao melhoramento de plantas, para seleção de plantas eficientes quanto ao uso dos nutrientes e responsivas à sua aplicação. Assim, a eficiência na utilização do nutriente é definida pela média da produtividade de grãos em baixo nível do nutriente, sendo a resposta à sua utilização obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis do nutriente, dividida pela diferença entre as doses. Esta metodologia é adequada, pois os ensaios de campo fazem parte da rotina dos programas de melhoramento e têm se mostrado eficientes em condições de casa de vegetação.

Assim, o objetivo deste trabalho foi selecionar os genótipos que apresentarem maior eficiência e resposta a fósforo em solos de cerrado.

### **Material e métodos**

Para obtenção das combinações híbridas foram selecionados nove cultivares comerciais de milho, C 333 B, C 901, CO 32, DKB 350, P 3041, P 30F88, Z 8410, Z 8420 e Z 8480, oriundos de diferentes programas de melhoramento, com potencial produtivo satisfatório, e classificados como adaptados às condições de solos de cerrado. Os cultivares foram plantados no primeiro semestre de 2003 no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Mello, pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. 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.

Os tratos culturais consistiram de aplicação de herbicidas e inseticidas, com produtos recomendados para a cultura do milho.

O ensaio de avaliação das combinações híbridas foi conduzido na área Experimental da Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi, situada a 11° 43' de latitude sul e 49° 15' de longitude oeste, em uma altitude de 300 m.

O solo onde se instalou o experimento vem sendo cultivado há dez anos e recebe constantes adubações, recomendadas para as culturas sob sistema de plantio convencional e rotação soja/sorgo ou soja/milho. Os atributos químicos do solo encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultado da análise química de solo da área do experimento. Gurupi-TO, 2004

Amostra (cm)	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mel.)	MO	pH
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>		(%)	CaCl2
0-20	1,8	0,9	4,5	91	0,7	3,1	4,7

O plantio foi realizado no dia 6 de fevereiro do ano agrícola de 2003/2004, época mais indicada para a semeadura na região sul do Estado do Tocantins, em solos de terras altas, como forma de obter o estresse desejado.

O ensaio foi constituído de 39 tratamentos, correspondentes a 36 híbridos interpopulacionais, oriundos de um bloco de recombinação entre nove populações genitoras e de três testemunhas (AG 9010, C 333 B e UFVM 100) (Tabela 2).

Tabela 2 - Características dos cultivares comerciais utilizados como genitoras<sup>1</sup> e testemunhas<sup>2</sup>

Cultivar	Tipo	Ciclo	Tipo de grão
C 9011	Híbrido simples	Semiprecoce	Semidente
P 30411	Híbrido triplo	Precoce	Duro
AG 90101	Híbrido simples modificado	Superprecoce	Semiduro
Z 84801	Híbrido simples	Precoce	Semidente
C 333 B1,2	Híbrido simples	Precoce Normal	Semiduro
UFVM1002	Variedade	Semiprecoce	Semidente
Z84201	Híbrido simples	Precoce	Duro
Z 84101	Híbrido simples	Precoce	
P 30F881	Híbrido simples	Semiprecoce	Duro
CO 321	Híbrido triplo	Precoce	Semiduro
DKB 3501	Híbrido simples	Precoce	Semiduro

<sup>1</sup> genitor e <sup>2</sup> testemunhas.

Foi utilizado o preparo convencional do solo, com uma aração e duas gradagens. A adubação de semeadura foi realizada com 23 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio e 68 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para simular ambientes com baixo e alto níveis de fósforo,

foram utilizadas as doses 25 e 113 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. A adubação de cobertura foi feita com 120 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na forma de sulfato de amônio, parcelada em duas vezes, sendo a primeira no estágio fenológico de quatro e a segunda no de oito folhas completamente expandidas. Os tratos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Os experimentos foram conduzidos no delineamento em blocos ao acaso, com duas repetições. Cada parcela experimental foi constituída por duas fileiras de 5,0 m de comprimento. O espaçamento entre fileiras foi de 0,90 m e na linha de 0,20 m entre plantas, sendo o estande final estimado, após o desbaste, de 55.555 plantas ha<sup>-1</sup>.

Neste estudo foi utilizada a produção de grãos das duas fileiras da parcela e a produtividade de grãos foi estimada em kg ha<sup>-1</sup>, com correção para 13% de umidade e o estande médio (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

Para identificar os cultivares adequados aos ambientes, utilizou-se a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980) e por Fageria e Baligar (1993), que sugerem a classificação dos cultivares quanto à eficiência no uso e na resposta a aplicação do fósforo (eficiência e resposta - ER). A utilização do nutriente foi definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível. A resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos nos dois níveis, dividida pela diferença entre as doses. Utilizou-se a representação gráfica no plano cartesiano para classificar os cultivares. No eixo das abscissas encontra-se a eficiência na utilização do fósforo e no eixo das ordenadas, a resposta à sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. No primeiro quadrante são representados os cultivares eficientes e responsivos; no segundo, os não-eficientes e responsivos; no terceiro, os não-eficientes e não-responsivos e no quarto, os eficientes e não-responsivos.

## **Resultados e discussão**

A metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), específica para estresse mineral, identificou como eficientes no uso de fósforo 24 combinações híbridas de milho, pois apresentaram as maiores médias de produtividade de grãos em baixo fósforo e, portanto, estão representados no primeiro e quarto quadrantes da Figura 1. A eficiência desses genótipos, em relação aos demais, na absorção e utilização de P na produção de grãos permite inferir que os processos associados à absorção, translocação, assimilação e redistribuição de P são mais eficientes do que nos demais genótipos.

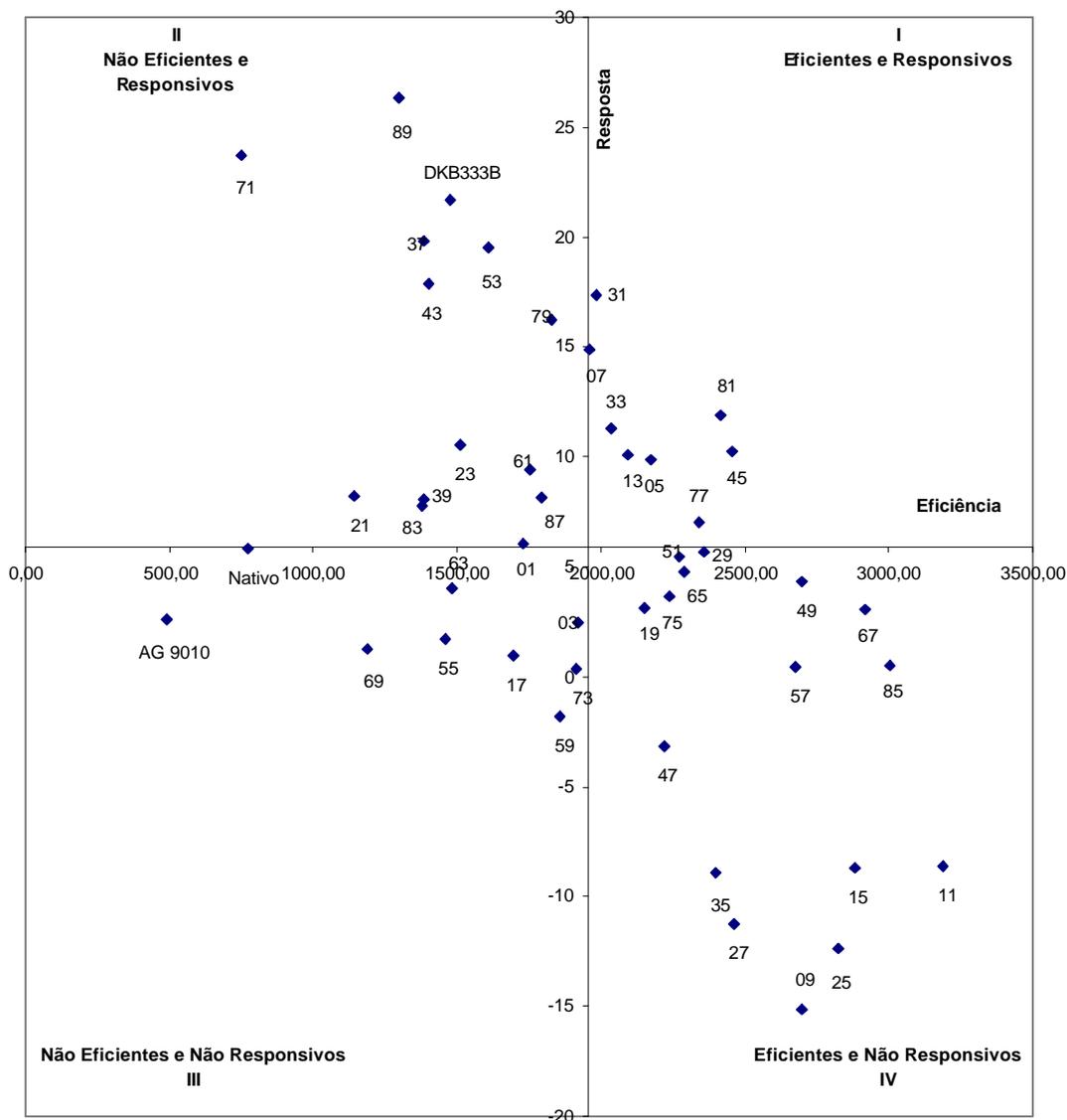


Figura 1 – Eficiência no uso e na resposta à aplicação de fósforo em cultivares de milho, pela metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980). Para discriminação dos genótipos na figura, foram usados apenas os dois últimos números do código atribuído a cada material, para não comprometer a visualização.

Características morfológicas, fisiológicas ou relacionadas à associação com fungos micorrízicos, não avaliadas neste trabalho, poderiam ter conferido a evidência da maior ou menor tolerância à deficiência de P. Desta forma, esses genótipos podem vir a constituir um banco de germoplama, visando a obtenção de fontes genéticas para maior eficiência ao nutriente. Estes resultados corroboram os obtidos por Fidelis (2003), utilizando a mesma metodologia, que identificou materiais de milho eficientes quanto ao uso de N.

Diferença entre materiais avaliados em solo de cerrado cultivado durante período de 20 anos quanto à eficiência na absorção de P, por meio de seleção com base

na atividade específica de cada genótipo, foi constatada por Fernandes e Muraoka (2002). Machado *et al.* (1999), conduzindo experimento em campo, também detectaram diferenças entre os genótipos avaliados para eficiência quanto ao uso do P, com destaque para variedades locais e melhoradas. Furlani *et al.* (1985), comparando em solução nutritiva 40 linhagens de milho quanto à eficiência de absorção de P, selecionaram nove como não-eficientes, com base na produção de matéria seca de parte aérea e raízes e absorção de P como características de avaliação.

Quanto à resposta à aplicação de fósforo, 22 genótipos destacaram-se por apresentar os maiores índices, sendo 21 combinações híbridas e uma testemunha (DKB 333B), estando, portanto, representados no primeiro e segundo quadrantes da Figura 1. Destes, somente os genótipos UFVM77-0389, UFVM77-0371 e DKB 333B apresentaram valores de índice de resposta acima de 20,0, refletindo um incremento maior da produção de grãos para cada crescimento de P, caracterizando suas condições de materiais responsivos. Estes resultados corroboram os obtidos por Machado *et al.* (1999), que também detectaram diferentes magnitudes de resposta em função da concentração de P entre os genótipos avaliados, chamando a atenção para as variedades locais Cravinho e Carioca, que se mostraram tão responsivas ao aumento de P quanto os melhores híbridos. Fidelis (2003) também encontrou materiais de milho responsivos, utilizando a mesma metodologia, porém quanto à aplicação de nitrogênio, com índice de resposta acima de 17,0. Machado *et al.* (2001) concluíram, por meio de trabalhos de campo, que as variedades avaliadas apresentaram variabilidade quanto à eficiência no uso do P.

Os genótipos UFVM77-0331, UFVM77-0307, UFVM77-0333, UFVM77-0381, UFVM77-0313, UFVM77-0305, UFVM77-0377 e UFVM77-0345, além de terem sido considerados responsivos, também foram apontados como os mais eficazes em utilizar o fósforo mesmo em concentrações moderadamente baixas, demonstrando sua possível adaptação tanto a ambientes com deficiência como naqueles cujos níveis de disponibilidade de P são ideais (primeiro quadrante da Figura 1).

Os genótipos UFVM77-0301, UFVM77-03863, Nativo, AG 9010, UFVM77-0369, UFVM77-0355, UFVM77-0317, UFVM77-0303, UFVM77-0373 e UFVM77-0359, por terem apresentado baixo rendimento de grãos em ambiente com deficiência de P (inferior à média dos genótipos, ou seja,  $1.956,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e também por terem apresentado baixos índices de resposta a aplicação de P (inferior a 5,88), foram considerados como não-eficientes e não-responsivos (terceiro quadrante da Figura 1). Furlani *et al.* (1985), comparando em solução nutritiva 40 linhagens de milho quanto à

eficiência de absorção de P, selecionaram 11 como não-eficientes, com base na produção de matéria seca de parte aérea e raízes e absorção de P, como características de avaliação.

A metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980), específica para estresse mineral, foi adequada, pois identificou genótipos eficientes quanto ao uso do fósforo e responsivos à sua aplicação, já que a média geral da produtividade de grãos no ambiente de baixo nível de P foi, aproximadamente, 21% inferior à do ambiente com alto nível de P (Tabela 3). Ensaios de competição de cultivares fazem parte da rotina, são de baixo custo e permitem a avaliação de grande número de genótipos. No entanto, foi necessário dobrar o número de parcelas em avaliação e quantificar as doses de P que discriminassem os genótipos para o local em que foram instalados os ensaios.

Tabela 3 – Médias das características produtividade de grãos (PG) e altura da espiga (AE) em cultivares de milho cultivados em solos de cerrado na região sul do Estado do Tocantins. Gurupi-TO, safra 2003/2004

Genótipos	PG (kg ha <sup>-1</sup> )		Eficiência	Resposta
	Alto P	Baixo P		
UFVM77-0389	3604,2 A	1299,3 C	1299,3	26,34
UFVM77-0331	3500,0 A	1984,7 B	1984,7	17,32
UFVM77-0381	3458,3 A	2416,0 B	2416,0	11,91
DKB 333B	3369,4 A	1474,2 C	1474,2	21,66
UFVM77-0345	3347,2 A	2454,2 B	2454,2	10,21
UFVM77-0353	3320,1A	1609,7 C	1609,7	19,55
UFVM77-0307	3263,9 A	1961,8 B	1961,8	14,88
UFVM77-0379	3250,7 A	1828,5 C	1828,5	16,25
UFVM77-0367	3187,5 A	2919,4 A	2919,4	3,06
UFVM77-0337	3118,1 A	1381,9 C	1381,9	19,84
UFVM77-0349	3079,9 A	2701,4 A	2701,4	4,33
UFVM77-0385	3048,6 A	3002,1 A	3002,1	0,53
UFVM77-0305	3034,7 A	2172,9 B	2172,9	9,85
UFVM77-0333	3020,8 A	2034,7 B	2034,7	11,27
UFVM77-0313	2979,2 A	2095,1 B	2095,1	10,1
UFVM77-0343	2968,8 A	1402,1 C	1402,1	17,91
UFVM77-0377	2959,7 A	2343,1 B	2343,1	7,05
UFVM77-0329	2854,2 B	2357,6 B	2357,6	5,68
UFVM77-0371	2822,9 B	748,6 D	748,6	23,71
UFVM77-0351	2743,1 B	2269,4 B	2269,4	5,41
UFVM77-0357	2715,3 B	2674,3 A	2674,3	0,47
UFVM77-0365	2706,3 B	2290,3 B	2290,3	4,75
UFVM77-0361	2581,9 B	1754,9 C	1754,9	9,45
UFVM77-0375	2557,6 B	2238,2 B	2238,2	3,65
UFVM77-0387	2502,1 B	1791,0 C	1791	8,13
UFVM77-0311	2430,6 B	3188,2 A	3188,2	-8,66
UFVM77-0323	2430,6 B	1509,0 C	1509,0	10,53
UFVM77-0319	2425,0 B	2150,7 B	2150,7	3,13
UFVM77-0301	2256,9 C	1730,6 C	1730,6	6,01
UFVM77-0303	2131,9 C	1919,4 C	1919,4	2,43
UFVM77-0315	2118,1C	2880,6 A	2880,6	-8,71
UFVM77-0339	2090,3 C	1381,9 C	1381,9	8,1
UFVM77-0383	2054,9 C	1375,7 C	1375,7	7,76
UFVM77-0373	1944,4 C	1911,8 C	1911,8	0,37

Continua...

Tabela 3, Cont.

Genótipos	PG (kg ha <sup>-1</sup> )		Eficiência	Resposta
	Alto P	Baixo P		
UFVM77-0347	1938,9 C	2217,4 B	2217,4	-3,18
UFVM77-0321	1860,4 C	1138,9 D	1138,9	8,25
UFVM77-0363	1833,3 C	1481,9 C	1481,9	4,02
UFVM77-0317	1777,8 C	1697,2 C	1697,2	0,92
UFVM77-0325	1745,8 C	2826,4 A	2826,4	-12,35
UFVM77-0359	1701,4 C	1858,3 C	1858,3	-1,79
UFVM77-0335	1618,1 C	2396,5 B	2396,5	-8,9
UFVM77-0355	1604,2 C	1456,9 C	1456,9	1,68
UFVM77-0327	1473,6 D	2459,7 B	2459,7	-11,27
UFVM77-0309	1379,2 D	2700,7 A	2700,7	-15,1
UFVM77-0369	1298,6 D	1186,8 D	1186,8	1,28
Nativo	1284,7 D	774,3 D	774,3	5,83
AG 9010	715,9 D	488,9 D	488,9	2,59
Média	2470,4	1956,1	1956,1	5,88

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, nas colunas, pertencem ao mesmo grupo estatístico, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### Conclusões

A metodologia de Fageria e Kluthcouski (1980), específica para estresse mineral, identificou genótipos eficientes quanto ao uso do fósforo e responsivos à sua aplicação.

Os genótipos eficientes na absorção e utilização de fósforo por meio da metodologia específica para estresse mineral e responsivo ao incremento de P foram UFVM77-0331, UFVM77-0307, UFVM77-0333, UFVM77-0381, UFVM77-0313, UFVM77-0305, UFVM77-0377 e UFVM77-0345.

### Referências bibliográficas

- AGRIANUAL 2003. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio; M&S Mendes & Scotoni. Editora Argos, 2003. 544 p.
- BLAIR, G. Nutrient efficiency what do we really mean? In: RANDALL, P. J.; DELHAITZE, E.; RICHARDS, R. A.; MUNNS, R. (Ed.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. p. 205-213. (Developments in Plant and Soil Sciences, 50).
- FAGERIA, N. D; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: EMBRAPA/CNPAF, 1980. 22 p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Phosphorus-use efficiency by corn genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, n. 10, p.1267-1277, 1997.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Screening crop genotypes for mineral stresses. In: PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL

- STRESSES, 1993. INTSORMIL. Publication n. 94-2. University of Nebraska, Lincoln, NE.
- FERNANDES, C.; MURAOKA, T. Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solo de cerrado. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p.781-787, 2002.
- FIDELIS, R. R. **Metodologias de seleção para eficiência quanto ao uso e resposta à aplicação do nitrogênio em germoplasma de milho**. 2003. 37 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2003.
- FURLANI, A. M. C.; BATAGLIA, O. C.; LIMA, M. Eficiência de linhagens de milho na absorção e utilização de fósforo em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 44, p. 129-147, 1985.
- GAMA, E. E. G.; MARRIEL, I. E.; GUIMARÃES, P. E. O.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; PACHECO, C. A. P.; MEIRELES, W. F.; RIBEIRO, P. H. E.; OLIVEIRA, A. C. Combining ability for nitrogen use in a selected set of inbred lines from a tropical maize population. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 3, p. 68-77, 2002.
- GOURLEY, C. J. P.; ALLAN, D. L.; RUSSELE, M. P. Plant nutrient efficiency: A comparison of definitions and suggested improvement. **Plant and Soil, Dordrecht**, v. 158, n. 1, p.29-37, 1994.
- MACHADO, A. T. **Perspectiva do melhoramento genético em milho (*Zea mays* L.) visando eficiência na utilização do nitrogênio**. 1997. 219 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.
- MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R. **Estresse ambiental: o milho em perspectiva**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1991. 47 p.
- MACHADO, A. T.; PEREIRA, M. B.; PEREIRA, M. E., MACHADO, C. T. T.; MÉDICE, L. O. Avaliação de variedades locais e melhoradas de milho em diferentes regiões do Brasil. In: SOARES, A. C.; MACHADO, A. T.; SILVA, B. M.; WEID, von der, J. M. (Ed). **Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1998a. p. 93-106.
- MACHADO, A. T.; SODEK, L.; DÖBEREINER, J.; REIS, V. M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, p. 961-970, 1998b.
- MACHADO, C. T. T.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; MACHADO, A. T. Variabilidade entre genótipos de milho para eficiência no uso de fósforo. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 109-124, 1999.
- MONTEIRO, J. A. Estresse ambiental: considerações econômicas. In: MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R.; PANDEY, S.; SILVA, A. F. (Ed.) In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O MILHO EM PERSPECTIVA, Belo Horizonte, 1992. **Anais...** Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, CIMMYT/UNDP, 1995. p. 13-40.
- RAUN, W. R.; BARRETO, H. J. Regional maize grain yield response to applied phosphorus in Central America. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 1, p. 208-213, 1995.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Releigh, n. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, A. E.; GABELMAN, W. H. Screening maize inbred lines for tolerance to low-P stress condition. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 146, n. 1-2, p.181-187, 1992.

SMITH, T. J.; CRAVO, M. S. Phosphorus management for continuous corn-cowpea production in a Brazilian Amazon Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 24, n. 1, p. 305-309, 1990.

VENCOVSKY, R; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, SP, 1992. 487 p.