

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO EFICIENTES NO USO DE
FÓSFORO POR MEIO DE ANÁLISE DIALÉLICA E ANÁLISE
AMMI-BIPLLOT**

ARTHUR KENJI MENDES MAEDA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2016**

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO EFICIENTES NO USO
DE FÓSFORO POR MEIO DE ANÁLISE DIALÉLICA E
ANÁLISE AMMI-BIPLLOT**

ARTHUR KENJI MENDES MAEDA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: PROF. DR. MANOEL CARLOS GONÇALVES

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M184s	<p>Maeda, Arthur Kenji Mendes. Seleção de genótipos de milho eficientes no uso de fósforo por meio de análise dialélica e análise AMMI-Biplot. / Arthur Kenji Mendes Maeda. – Dourados, MS : UFGD, 2016. 91 f. : il. ; 30 cm.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados. Inclui bibliografia</p> <p>1. <i>Zea mays</i> L. 2. Estresse abiótico. 3. Interação genótipos x ambientes. 4. Melhoramento de milho. I. Título.</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

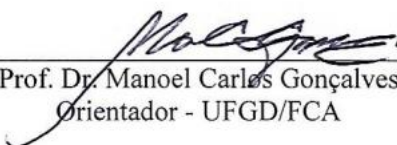
SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE MILHO EFICIENTES NO USO DE FÓSFORO
POR MEIO DE ANÁLISE DIALÉLICA E ANÁLISE AMMI-BIPLLOT

por

Arthur Kenji Mendes Maeda

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovado em: 28/09/2016.



Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves
Orientador - UFGD/FCA



Prof.^a. Dr.^a. Livia Maria Chamma Davide
UFGD/FCA



Prof.^a. Dra. Liliam Silvia Candido
UFGD/FCBA

A Deus, pela vida, saúde e sabedoria.

Aos meus pais Takeshi Maeda e Lucelena Mendes de Souza, exemplos de pessoas, amor, confiança, honestidade, incentivo e cuidado irrestrito.

Aos meus irmãos Maisa Miyuki Mendes Maeda e Willian Issao Mendes Maeda, pela amizade e companheirismo.

Aos meus avós Shizuko Maeda e Matao Maeda (in memorian), pelo exemplo de vida, coragem e superação.

Aos meus familiares e amigos, pelo reconhecimento, amizade e apoio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por iluminar e abençoar essa longa caminhada nos concedendo saúde e força para lutar e nunca desistir dos nossos objetivos.

A minha família, especialmente os meus pais Takeshi Maeda e Lucelena Mendes de Souza, e aos meus irmãos Maisa Miyuki Mendes Maeda e Willian Issao Mendes Maeda, pelo amor, carinho e incentivo em todos os momentos da minha vida.

Aos meus queridos avós Shizuko Maeda e Matao Maeda (*in memoriam*), por quem tenho grande admiração pelo exemplo de vida, servindo de inspiração para que possamos ser forte em momentos difíceis.

À Universidade Federal da Grande Dourados pela oportunidade e suporte concedido.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro durante a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves por orientar-me em todos os momentos, pela amizade, paciência e confiança ao longo desses anos.

Aos membros da banca Prof. Dra. Lívia Maria Chamma Davide e Prof. Dra. Liliam Silvia Candido pelas correções e valiosas sugestões.

A todos os professores da Faculdade de Ciências Agrárias por transmitir todos os seus conhecimentos, no intuito de tornar-nos não só apenas engenheiros agrônomos, mas sim cidadãos.

Aos funcionários da Universidade Federal da Grande Dourados, em especial ao Sr. Jesus, Sasá, Moacir e Nenê pela colaboração e amizade.

Aos amigos de pós-graduação e graduação Wesley Souza Prado, Cesar Pedro Hartmann Filho, Pedro Henrique Altomar, André Carlesso, Gilmar Augusto Marques Junior, Carlos Tutida Menegati, Euriann Lopes Marques Yamamoto, Renata Marchiori, Florencio David Valdez Ocampo, Raul Sánchez Jara pela ajuda e pelo apoio durante todo experimento.

Enfim, a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho e da minha formação.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	VII
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos gerais da cultura do milho	3
2.2. Formas de fósforo e sua disponibilidade nos solos do cerrado	4
2.3. Fósforo na cultura do milho.....	5
2.4. Melhoramento genético para eficiência no uso do fósforo.....	8
2.5. Cruzamentos dialélicos e capacidade combinatória	10
2.6. Capacidade específica de combinação e interação de genótipos e ambientes utilizando a análise AMMI-Biplot.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Obtenção das progênes de meios-irmãos (PMI).....	14
3.2. Ensaios de avaliação das progênes de meios-irmãos.....	15
3.2.1. Análises estatísticas	17
3.3. Cruzamentos dialélicos e obtenção dos híbridos experimentais.....	19
3.4. Avaliações dos híbridos experimentais eficientes no uso de fósforo	20
3.4.1. Análise estatístico-genéticas	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Parte I - Avaliação das PMI em diferentes níveis de P.....	27
4.1.1. Análise Individual.....	27
4.1.2. Análise Conjunta	31
4.1.3. Estimativa da Eficiência no uso de fósforo (EUP)	33
4.2. Parte II – Avaliação dos híbridos experimentais em diferentes níveis de P.....	38
4.2.1. Análise Individual.....	38
4.2.2. Análise Conjunta	43
4.2.3. Análise Dialélica.....	45
4.2.4. Análise AMMI-Biplot para capacidade combinatória.....	49
4.2.5. Análise AMMI-Biplot para genótipos x ambientes.....	54

5. CONCLUSÕES	59
6. PERSPECTIVAS FUTURAS.....	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	71

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. Ciclo, cor do grão, tipo do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das variedades utilizadas para a extração das progênes de meios-irmãos.	14
QUADRO 2. Análise química do solo da camada 0-20 cm de profundidade e características climáticas da área experimental em Dourados-MS, safra 2015.	16
QUADRO 3. Análise química do solo da camada 0-20 cm de profundidade e características climáticas da área experimental em Dourados-MS e Caarapó-MS, safra outono - inverno 2016.	21

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Resumo da análise de variância individual das características agronômicas de 250 progênies de meios-irmãos de milho e 6 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P (Dourados-MS, 2015).	29
TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta das variáveis agronômicas de 250 progênies de meios-irmãos de milho e 6 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P em (Dourados-MS, 2015).....	32
TABELA 3. Resumo da análise de variância individual das características agronômicas de 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P (Dourados-MS, 2016).....	40
TABELA 4. Resumo da análise de variância individual das características agronômicas de 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P (Caarapó-MS, 2016).....	42
TABELA 5. Resumo da análise de variância conjunta das variáveis agronômicas de 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em alto e baixo P, em Dourados-MS e Caarapó-MS, 2016.	44
TABELA 6. Quadrados médios das análises dialélicas individual e conjunta para produtividade de grãos (PG), em kg ha^{-1} , de milho cultivados em Dourados-MS e Caarapó-MS, em nível de alto e baixo P.....	46
TABELA 7. Efeito da capacidade geral e específica de combinação para produtividade de grãos (PG) de milho, cultivados em Dourados-MS e Caarapó-MS, em nível de alto e baixo P.	48
TABELA 8. Divisão da soma de quadrados da capacidade específica de combinação por decomposição do valor singular, proporção retida em cada componente principal e a porcentagem acumulada em uma análise AMMI para dialélico.	50
TABELA 9. Resumo da análise AMMI dos 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em alto e baixo P, em Dourados-MS e Caarapó-MS, 2016.	55

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Sintoma de deficiência por fósforo em espiga e folha de milho..... 6
- FIGURA 2. Representação gráfica da eficiência e resposta ao nutriente pela metodologia de Fageria e Baligar (1993). 9
- FIGURA 3. Esquema do cruzamento dialélico de meia tabela realizado com as 7 PMI eficientes no uso de fósforo em Caarapó-MS, safra 2015/2016..... 19
- FIGURA 4. Eficiência no uso e resposta à aplicação de fosforo das 250 PMI e 6 testemunhas, pela metodologia de Fageria e Baligar (1993)..... 34
- FIGURA 5. Produtividade em alto e baixo P e a eficiência das 250 PMI e 6 testemunhas. 36
- FIGURA 6. Biplot AMMI para capacidade específica de combinação (CEC) em milho para produtividade de grãos dos cruzamentos dialélicos em Dourados-MS, para alto e baixo nível de P; Os triângulos identificados como genótipos Fêmea (F) e Macho (M)..... 51
- FIGURA 7. Biplot AMMI para capacidade específica de combinação (CEC) em milho para produtividade de grãos dos cruzamentos dialélicos em Caarapó-MS, para alto e baixo nível de P; Os triângulos identificados como genótipos Fêmea (F) e Macho (M)..... 52
- FIGURA 8. Biplot AMMI conjunta para capacidade específica de combinação (CEC) em milho para produtividade de grãos dos cruzamentos dialélicos em Caarapó-MS e Dourados-MS, para alto e baixo nível de P; Os triângulos identificados como genótipos Fêmea (F) e Macho (M). 54
- FIGURA 9. Biplot da análise AMMI de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos e 2 testemunhas, avaliadas em alto e baixo P em Dourados-MS e Caarapó-MS, 2016..... 56

MAEDA, Arthur Kenji Mendes. **Seleção de genótipos de milho eficientes no uso de fósforo por meio de análise dialélica e análise AMMI-Biplot**, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS. Orientador: Manoel Carlos Gonçalves.

RESUMO

O fósforo é um elemento vital para a sobrevivência das plantas. Os solos do cerrado apresentam baixos teores deste nutriente, sendo necessárias adubações fosfatadas para produção de cereais. Porém as fontes de fósforo aos poucos vêm se esgotando, assim, torna-se importante a identificação de genótipos eficientes no uso deste nutriente. O objetivo deste trabalho foi avaliar e selecionar progênies de meios-irmãos de milho com eficiência no uso de fosforo, por meio de cruzamentos dialélicos e avaliar o desempenho produtivo dos híbridos experimentais utilizando a análise AMMI-Biplot, dessa forma procurou-se identificar as melhores combinações híbridas e os genótipos mais estáveis e responsivos ao uso de fósforo, de acordo com cada local e nível de P estudado. O trabalho foi dividido em quatro etapas, a primeira etapa do trabalho foi realizada em Caarapó-MS, com o intuito de obter 250 progênies de meios irmãos (PMI), oriundas de cinco variedades distintas, semeadas em condição de estresse de fósforo. A segunda etapa foi o de avaliação das 250 PMI selecionadas com mais seis testemunhas, em condições contrastantes de adubação fosfatada na semeadura de alto P (100 kg ha^{-1}) e baixo P (0 kg ha^{-1}) em Dourados-MS, sob delineamento de blocos incompletos em látice 16×16 , com duas repetições por nível de P. A análise de variância individual e conjunta indicou o comportamento diferenciado das progênies em face das oscilações ambientais e as PMI apresentaram variabilidade suficiente para realização da seleção. Assim foram selecionadas as sete progenies (213, 205, 233, 225, 30, 232 e 128) mais eficientes no uso de fósforo para serem cruzadas no esquema de dialelo. A terceira etapa constitui-se de cruzamentos dialélicos, realizados em campo isolado, obtendo-se 21 híbridos experimentais. Os híbridos experimentais foram avaliados na quarta e última etapa em conjunto com os pais e mais duas testemunhas, sob delineamento de blocos causalizados, com três repetições, em Caarapó e Dourados, nos níveis de alto P e baixo P. Inicialmente os dados foram submetidos à análise individual e conjunta e com as médias de produtividade de grãos realizou-se a análise dialélica individual e conjunta. Para determinação dos efeitos da capacidade combinatória, foi utilizada a análise AMMI biplot que permitiu a visualização gráfica para a capacidade combinatória e estabilidade dos genótipos alocados nos diferentes ambientes. Concluiu-se que a variedade Al Avaré é boa extratora de genótipos eficientes no uso de fósforo. As PMI 30 e 205 apresentaram eficiência no uso de fósforo. O híbrido $H_{213 \times 30}$ apresentou boa estabilidade, respondeu a adubação fosfatada e foi eficiente na utilização de P, indicando que pode ser selecionado para o cultivo de produtores rurais que visam à redução dos custos com insumos agrícolas em Dourados-MS e Caarapó-MS.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; Estresse abiótico; Interação genótipos x ambientes; Melhoramento de milho.

MAEDA, Arthur Kenji Mendes. **Selection of genotypes of maize efficient in phosphorus use through diallel analysis and analysis AMMI-Biplot**, 2016. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS. Orientador: Manoel Carlos Gonçalves.

ABSTRACT

Phosphorus is a vital element for the survival of plants. The cerrado soils have low levels of this nutrient, requiring phosphate fertilizer for grain production, but the sources of phosphorus gradually come running out before that, it is important to identify efficient genotypes. The objectives of this study were to rate and select half sib progenies of maize with efficient use of phosphorus and through diallel crosses, evaluate the productive performance of hybrids by using AMMI-Biplot analysis, defining which are the best hybrids and genotypes more stable and responsive phosphorus use according to each environment studied. This work was divided into four steps, the first step was to obtain the 250 half sib progenies (PMI) from five different varieties, seeded on phosphorous stress condition. The second step was the evaluation of the 250 PMI selected with six witnesses in contrasting conditions of phosphate fertilizer at seeding high P (100 kg ha⁻¹) and low P (0 kg ha⁻¹) at Dourados-MS, on design of incomplete blocks in lattice 16x16 with two repetitions per level P. The individual and joint analysis of variance revealed different behavior of the progenies in the face of environmental oscillations and the PMI showed enough variability to advance the selection. Were selected seven progenies (213, 205, 233, 225, 30, 232 and 128) more efficient in the use of phosphorus to be crossed in diallel scheme. The third crop step was diallel crosses carried out in isolated field, obtaining 21 experimental hybrids. The experimental hybrids were evaluated in the fourth and final step in conjunction with parents and two witnesses, on design of randomized block design with three replications in Caarapó and Dourados, levels of high P and low P. Initially data were submitted to individual and joint analysis and the grain yield averages was realized individual and joint diallel analysis to determine the effects of combining ability to complement the study, AMMI analysis was used biplot allowing the graphical display for combining ability and stability of genotypes allocated in different environments. It is concluded that the variety has Al Avaré phosphor efficiency in use, as well as PMI 30 and 205. The hybrid H_{213x30} presented good stability to responded phosphate fertilizer, and was efficient for use, indicating that can be selected for the cultivation of farmers aimed at reducing the costs in agricultural inputs.

Key words: *Zea mays* L.; Abiotic stress; Genotype x environment interaction; Maize breeding.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de eficiência de plantas na utilização de um nutriente engloba processos pelos quais as plantas absorvem, translocam, acumulam e utilizam melhor o referido nutriente para a produção de matéria seca e grãos em condições nutricionais normais ou com limitado suprimento do nutriente em questão (PARENTONI, 2000).

No enfoque agroecológico da produção agrícola, a identificação de genótipos de milho que possuem capacidade de absorver e utilizar o fósforo (P) de forma eficiente é extremamente importante, pois possibilita a redução dos custos de produção, com a utilização de menor quantidade de nutrientes e a conservação do agroecossistema (MACHADO et al., 1998). De acordo com Machado et al. (1999), a eficiência na absorção de fósforo é de fundamental importância para a cultura do milho, especialmente em condições de agricultura familiar, cujos agricultores nem sempre têm recursos para o cultivo da cultura.

Além disso, a importância de obter genótipos eficientes no uso de P (EUP) está relacionada à possibilidade de exaustão das jazidas e do alto custo de produção de fertilizantes fosfatados, que demandam de alto custo de energia. (STAMFORD et al., 2003).

Portanto, pesquisas que visem desenvolver plantas mais eficientes no uso de P terão papel fundamental na agricultura, nos próximos anos. A obtenção de cultivares mais adaptadas a ambientes com baixos níveis de nutrientes no solo ou capazes de utilizar de maneira mais eficiente o fertilizante aplicado, seria então, uma alternativa economicamente desejável, ambientalmente segura e socialmente adequada (MENDES, 2012).

Já há algum tempo, tem-se priorizado também o uso de variedades e híbridos intervarietais. Paterniani (1967) frisa que as variedades em geral apresentam ampla adaptação e estabilidade. Hallauer et al. (2010) apresentaram resultados de 1394 cruzamentos intervarietais, obtendo heteroses médias em relação à média dos pais à do pai mais produtivo, de 19,5 % e 8,2 % respectivamente, para produção de grãos.

É importante avaliação do comportamento de genótipos “*per se*”, a fim de orientar a escolha de genótipos superiores e métodos de melhoramento a serem empregados em populações de um programa de melhoramento genético. Para ter

sucesso no programa de seleção de genótipos superiores no uso de fósforo são necessárias variedades com alta variabilidade (CRUZ, 1990).

Uma das técnicas genético-estatística para avaliação tem sido a análise de cruzamento dialélicos em razão do grande número de informações genéticas que podem oferecer ao melhorista, como a natureza dos parâmetros genéticos e os efeitos de capacidade de combinação (CRUZ e REGAZZI, 2012; CRUZ et al., 2014). Os dialélos vêm sendo utilizadas em milho para avaliações e fornecimento de informações úteis nos cruzamentos intervartais (MIRANDA FILHO, 1986). Desta forma permite uma melhor avaliação de genótipos em fase inicial de seleção, por encontrar contribuições dos efeitos da capacidade específica para combinações híbridas mais promissoras.

Os estudos de divergência genética tornam-se importante para a identificação de grupos de genitores que apresentam a melhor combinação híbrida de maior efeito. A análise AMMI que é uma combinação de métodos univariados (análise de variância) com métodos multivariados (análise de componentes principais e decomposição de valores singulares), permite a disposição dos valores em um plano cartesiano denominado de biplot, o que facilita a interpretação da divergência genética dos genótipos.

Dessa forma este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar e selecionar progênies de meios-irmãos com eficiência no uso de fosforo e por meio de cruzamentos dialélicos. Avaliar o desempenho produtivo dos híbridos experimentais utilizando a análise AMMI-Biplot, identificando as melhores combinações híbridas e os genótipos mais estáveis e responsivos ao uso de fósforo de acordo com os níveis de alto e baixo P, em Dourados-MS e Caarapó-MS.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura do milho

A principal utilização do milho é como constituinte de rações para nutrição de suínos, aves e bovinos. (ABIMILHO, 2016). Embora a principal utilização seja como fonte de energia através do amido dos seus grãos, o milho também pode ser empregado como matéria prima em diferentes segmentos e produtos, tendo mais de 3.500 formas de utilização direta e indireta. Na alimentação humana, cerca de 15% da produção mundial é utilizada diretamente, mas como são consumidos também diversos outros produtos empregando esse grão, o milho é considerado espécie indispensável para a humanidade (PAES, 2006).

A América do Norte é a maior produtora mundial de milho, mas também merecem destaque a Ásia Oriental e a América do Sul. Os três principais países produtores de milho (EUA, China e Brasil) são responsáveis por 70% do volume total de produção desta cultura (USDA, 2016). Entre os países, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho (MÔRO e FRITSCHÉ NETO, 2015). Apesar de o milho ser cultivado em praticamente todas as regiões do país, há predomínio das Regiões Centro-Oeste e Sul, as quais representam aproximadamente 68% da área cultivada no Brasil (CONAB 2016).

A produção nacional de milho na safra de 2015/2016 atingiu um volume de aproximadamente 66,6 milhões de toneladas, das quais 40,8 milhões de toneladas foram produzidos na segunda safra. Na segunda safra de 2013/14 alcançou-se uma produção recorde de 48,3 milhões de toneladas, apresentando um incremento de 2,9% comparado com safra anterior. Na segunda safra de 2015/2016 a produtividade caiu em relação aos anos anteriores, devido à falta de chuvas nas principais regiões produtoras do país (CONAB, 2016).

Historicamente, o Paraná é o estado Brasileiro com maior tradição no cultivo de milho, mas verifica-se que, a partir da safra 2012/2013, Mato Grosso teve a maior área de milho cultivada, sendo esses dois estados responsáveis por 41% da área plantada. O Estado de Mato Grosso do Sul teve uma área total de cultivo de milho de

1,68 milhões de hectares, alcançando a produção de 9,28 milhões de toneladas (CONAB 2016).

No entanto, a produtividade média nacional das últimas três safras é baixa, aproximando-se de 5.382 kg ha^{-1} (CONAB, 2016). Essa produtividade baixa sugere que sistemas de produção de milho possam ser melhorados, principalmente em relação à nutrição mineral. De acordo com Fernandes e Muraoka (2002), as deficiências de fertilidade dos solos do cerrado podem ser consideradas como um dos principais fatores responsáveis pela incapacidade dos cultivares de milho expressar todo o seu potencial genético produtivo.

A produção de milho no Brasil, em 2019/2020, deverá ficar em torno de 70,12 milhões de toneladas e o consumo em 56,20 milhões de toneladas (MAPA, 2016). Diante disso, torna-se indispensável a necessidade de investimentos visando o aumento da produtividade nacional. A começar pelos programas de melhoramento genético ofertando cultivares mais eficientes no uso de insumos e responsivos ao uso de tecnologias e, como consequência mais produtivos. Esse objetivo pode ser alcançado por meio de pesquisas para adquirir o conhecimento e difundir informações relevantes de melhor manejo, tendo assim um melhor suporte a campo.

2.2. Formas de fósforo e sua disponibilidade nos solos do cerrado

Os solos do Brasil são carentes em fósforo (P) em consequência do material que lhe deu origem, como rochas basálticas, ricos em sesquióxidos, gibsitita e caulinita (RAIJ, 1991). Segundo Rolim Neto et al. (2004) isso se deve também pela quantidade e a área da superfície dos óxidos de Fe e Al, que têm participação no aumento da adsorção de fosfato. A adsorção do P ocorre primeiramente nos sítios de menor labilidade e, em seguida, o P remanescente é remanejado em frações retidas com menor energia e de maior disponibilidade para as plantas (RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2001).

Os solos apresentam de 100 a 4400 kg ha^{-1} de P na camada arável (0 a 20 cm). Todavia, qualquer que seja a natureza do solo, a concentração de fósforo em solução é extremamente baixa, normalmente entre 0,1 e $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$, dado à elevada tendência de remoção do P da solução tanto por precipitação com íons Fe^{+3} , Al^{+3} e Mn^{+2} , quanto por adsorção específica (TISDALE et al., 1993; MALAVOLTA, 2006).

O fósforo do solo encontra-se distribuído na forma orgânica (Po) e inorgânica (Pi) (GUERRA et al., 1996). O Po constitui-se em importante fonte desse nutriente às plantas por meio da decomposição e mineralização da fração lábil de Po (Po lábil), que é facilmente mineralizada, contribuindo com a disponibilidade de P para as plantas (SANTOS et al., 2008). A mineralização é mediada por enzimas fosfatases, produzidas por plantas e microrganismos do solo, que catalisam a hidrólise dos componentes orgânicos de P (GEORGE et al., 2006), liberando Pi para a solução do solo, disponível para as plantas (GUERRA et al., 1996).

A fração inorgânica está presente em três formas no solo: P-solúvel na solução do solo; P-lábil, que pode estar precipitado ou adsorvido na parte sólida do solo, porém em equilíbrio com o fósforo da solução; e o P-não lábil, cuja passagem para solução do solo é situada de forma lenta (LARSEN, 1967). O P imobilizado pode representar de 49 a 57% do fósforo em Latossolo Vermelho distroférico dependendo do nível de fertilizantes aplicado (GATIBONI et al., 2007).

Nos Latossolos, que são solos altamente intemperizados, existe maior presença das formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta adsorção e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente (RHEINHEIMER et al., 2008). Menos de 0,1% do fósforo encontra-se na solução do solo (FARDEAU, 1996).

Cerca de 45,7% dos solos do cerrado são formados por latossolos (CORREIA et al., 2004). Segundo Souza e Lobato (2004), os teores de P nos solos da região do cerrado são muito baixos sendo bem intemperizados, com baixa fertilidade natural, alta acidez, com predomínio de argilas de baixa atividade, como caulinitas e oxidróxidos de Fe e Al, apresentando textura argilosa, bem estruturados e com alta estabilidade de agregados.

2.3. Fósforo na cultura do milho

O fósforo é um dos seis macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) essenciais para o desenvolvimento das plantas, desempenhando papel importante na produção, na transferência e no armazenamento de energia via ATP e NADPH, em todos os processos biológicos. É componente central de processos metabólicos, incluindo fotossíntese e respiração, participa da ativação e desativação de enzimas, é elemento

estrutural dos ácidos nucleicos e fosfolipídios, e serve como um componente em sinais de cascatas de tradução (RAUSCH e BUCHER, 2002).

O fósforo é um elemento limitante na produtividade de biomassa de milho, principalmente em solos deficientes (WANG et al., 2014). É importante no metabolismo das plantas, desempenhando valioso papel na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (TAIZ e ZEIGER, 2013). É um elemento essencial do trifosfato de adenosina (ATP), que é envolvido na maioria dos processos bioquímicos de plantas e lhes permite extrair nutrientes a partir do solo (HYLAND et al., 2005). Além de ser componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos (LEHNINGER et al., 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 de planta, 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).

Os sintomas de deficiência no milho manifestam-se já nos primeiros estádios de desenvolvimento. As plantas apresentam crescimento retardado e colmos e folhas com coloração arroxeada (Figura 1). Na fase reprodutiva, sua deficiência provoca aparecimento de espigas malformadas, tortas e com falhas nas fileiras de grãos, maturidade retardada e desuniforme (MENGEL et al., 1987; FORNASIERE FILHO, 1992; NOVAIS FILHO e SMITH, 1999).



FIGURA 1. Sintoma de deficiência por fósforo em espiga e folha de milho. Fonte Coelho e França, 1995.

A adubação fosfatada depende da disponibilidade de P no solo e deve ser aplicada localizadamente (no sulco de plantio) toda no plantio, de modo a atender à demanda da cultura (VERGÜTZ e NOVAIS, 2015). Um solo com 35 a 60% de argila que apresentar concentrações disponíveis de P abaixo ou igual a $8,0 \text{ mg dm}^{-3}$ pelo extrator de Mehlich⁻¹ é classificado como nível de baixo P (ALVARES et al., 1999). Considerando um solo de baixo nível de P, para se obter uma produtividade entre 6,1 a $8,0 \text{ t ha}^{-1}$ é necessário uma dose de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (ALVES et al., 1999).

A resposta ao fósforo depende da produtividade esperada, da disponibilidade de água no sistema, da fertilidade atual do solo e da quantidade de N aplicada (ou disponível). A cultura de milho, em áreas com menos de $7,0 \text{ mg dm}^{-3}$ de P (resina), dificilmente manifestará potencial de produção superior a 8.000 kg ha^{-1} (FANCELLI, 2015).

Muitas adaptações ao estresse de fósforo como ativação de enzimas glicolíticas e aumento da produção de RNAses tem mostrado melhoria na eficiência do uso de fósforo em milho (BOSSE e KOCK, 1998; PLAXTON e CARSWELL, 1999). Estas adaptações aumentam tanto, a eficiência do uso de fósforo quanto permite o contínuo metabolismo em baixas concentrações de fósforo na célula. A resposta ao estresse de fósforo é mediada pela expressão de um grande número de genes. Muitos destes genes que codificam para fatores de transcrição e proteínas sinais são alteradas em resposta a estresse de fósforo, implicando maiores trocas regulatórias no crescimento e desenvolvimento celular (WU et al., 2003).

Outro fator que deve ser levado em conta para adubação fosfatada em milho é sua viabilidade econômica. De acordo com Pimentel Gomes (1971), o aumento de produtividade proporcionado pelo fertilizante só será vantajoso para o agricultor se tiver sentido econômico. Em condições normais, raramente a cultura do milho responde de forma econômica, a quantidade de P_2O_5 superiores a 120 kg ha^{-1} , principalmente quando ofertado apenas no sulco de semeadura (FANCELLI, 2015).

Embora a extração de P pelo milho seja relativamente baixa, especialmente se comparada com a de N e de K, a porcentagem de P exportado pelos grãos é da ordem de 80% do total absorvido (COELHO e ALVES, 2004). De acordo com Coelho e França (1995) com uma produtividade de $7,8 \text{ ton ha}^{-1}$, 33 kg de P são extraídos do solo, sendo que quase todo P absorvido é translocado para as sementes.

2.4. Melhoramento genético para eficiência no uso do fósforo

Existem várias modalidades de seleção de populações, sendo que as principais diferenças entre elas se referem ao grau de controle dos progenitores selecionados. Em especial com a cultura do milho, o melhoramento tem sido responsável por incrementos no rendimento (SILVA e MIRANDA FILHO, 2003). Vencovsky e Ramalho (2000) observaram incrementos na produtividade de grãos em milho, utilizando técnicas de melhoramento, em até 40 %.

Dentre as características de genótipos a serem selecionados, a disponibilidade e a absorção de fósforo são dois fatores determinantes na seleção de plantas. Sob estresse de fósforo, as plantas podem desenvolver complexos mecanismos de adaptação, tais como modificações nos processos metabólicos (metabolismo de carbono), modificações do microambiente na rizosfera (liberação de exudados), distribuição e remobilização do nutriente na parte aérea (translocação), mudanças em morfologia (arquitetura de raiz), associação mutualista e simbiote com microorganismos (micorrizas), e aumento em atividades enzimáticas (fosfatases e RNAses), essas características podem aumentar a nutrição das plantas (PARENTONI et al., 2011).

Diante disso, em uma população com diferentes genótipos de milho, aumento na frequência dos alelos desejáveis por meio de etapas de seleção, pode criar condições para obtenção de cultivares superiores, aumentando a chance de identificar os genótipos que desenvolvam mecanismos de adaptação para condição de estresse de nutrientes, incluindo o fósforo.

Genótipos com maior eficiência no uso de um determinado nutriente e que sejam responsivos à adubação podem ser obtidos simultaneamente nos programas de melhoramento, desde que os genótipos selecionados em condições de estresse sejam também avaliados em condições de boa fertilidade (SILVA, 2008). Fageria e Kluthcouski (1980) desenvolveram uma metodologia para avaliação em condições de campo, com dois níveis de adubação fosfatada (baixo e alto), que permite diferenciar o potencial de resposta das cultivares ao fósforo. A produção é utilizada como critério para diferenciação das cultivares eficientes das não eficientes.

Uma forma de agrupar genótipos de acordo com sua eficiência e resposta foi apresentada por Fageria e Baligar (1993). Esses autores sugeriram gráficos com coordenadas x e y. No eixo x, tem-se a eficiência, que é definida como produção sob

baixo nível do nutriente. Os genótipos são ditos eficientes se produzirem acima da média nesta condição. No eixo y tem-se a resposta ao nutriente que é obtida pela expressão $[(PGA - PGB) / P(A - B)]$, onde PGA e PGB correspondem à produção de grãos nos ambientes com alta e baixa oferta do nutriente, respectivamente e $P(A - B)$ é a diferença entre o nível alto e baixo do nutriente. Assim os genótipos são classificados como eficientes e/ou responsivos, de acordo com o quadrante em que se encontram (Figura 2).

Y	II Não eficientes e responsivos	Resposta	I Eficientes e responsivos
	III Não eficientes e não responsivos		IV Eficiência Eficientes e não responsivos
			X

FIGURA 2. Representação gráfica da eficiência e resposta ao nutriente pela metodologia de Fageria e Baligar (1993).

Com o objetivo de selecionar genótipos de milho mais eficientes na absorção e na utilização de fósforo em solos de cerrado, Fidélis et al. (2008) avaliaram 45 genótipos em ambientes com baixo e alto nível de fósforo, com doses de 25 e 113 kg ha⁻¹ de P₂O₅ no plantio, respectivamente. Seis dos 45 genótipos avaliados foram eficientes na utilização de P e responsivos ao incremento deste nutriente.

Em trabalho realizado por Meirelles et al. (2016), em que nove linhagens endogâmicas de milho foram submetidas a cruzamentos dialélicos e seus híbridos F₁'s com testemunhas foram semeados em ambientes contrastantes em níveis de fósforo. Foi constatado que a seleção do melhor progenitor e da melhor combinação híbrida deve ser realizada em ambientes específicos, em razão da existência de interação genótipos x ambientes para as capacidades combinatórias.

2.5. Cruzamentos dialélicos e capacidade combinatória

Denomina-se cruzamento dialélico um conjunto de cruzamentos dois a dois entre “n” genótipos parentais para representar diferentes combinações híbridas (ALLARD, 1971; OLIVEIRA et al., 1987), muito útil na seleção de parentais (SILVA et al., 2013).

A análise desse grupo de cruzamentos é chamada de análise dialélica e fornecem informações importantes, pois envolvem principalmente a hibridação, avaliação e seleção de genótipos desejáveis. Além disso, a avaliação da capacidade combinatória e a determinações dos genes favoráveis são ferramentas elementares para a seleção de genótipos ideais (BLUM, 1985).

É uma das técnicas genético-estatísticas mais apropriadas em razão do grande número de informações genéticas que pode oferecer ao melhorista (CRUZ et al., 2012; CRUZ et al., 2014). Como a natureza dos parâmetros genéticos e os efeitos de capacidade de combinação (SINGH e CHAUDHARY, 1979; RAMALHO et al., 2012).

Sprague e Tatum (1942) utilizaram o esquema de dialélico para definir a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Em que o termo CGC refere-se ao comportamento médio de cada linhagem em cruzamento com as demais do conjunto e CEC é interpretada como o efeito na expressão do híbrido, sendo adicional aos efeitos de CGC dos pais, podendo ser positivo ou negativo.

A CEC resulta da interação dos efeitos de CGC dos pais e pode melhorar ou piorar a expressão do híbrido em relação ao efeito esperado com base somente nas CGC. Os efeitos CGC e CEC são estimados como desvios em torno da média geral e são simbolizados por G_i (efeito de CGC da linhagem i) e S_{ij} (efeito da CEC no híbrido $i \times j$), respectivamente, no modelo estatístico (MIRANDA FILHO e GORGULHO, 2001).

Relacionaram a capacidade geral de combinação (CGC) à atuação de genes aditivos, e a capacidade específica de combinação (CEC), à de genes dominantes e epistáticos (SPRAGUE e TATUM, 1942). Este fundamento tem sido utilizado em estudos de herança e controle genético de características importantes para diversas espécies de plantas cultivadas (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; PINTO, 2009), inclusive em fases iniciais de programas de melhoramento (SCAPIM et al., 2006).

Em geral, os efeitos gênicos não aditivos predominam quanto à produtividade (HALLAUER et al., 2010; NIHEI e FERREIRA, 2012) e eficiência de utilização de P em milho (FRITSCHÉ NETO et al., 2010; DO VALE e FRITSCHÉ NETO, 2013; MENDES et al., 2012). Contudo, alguns dialelos indicam a predominância de efeitos aditivos quanto à produtividade, resistência a doenças (FREITAS JÚNIOR et al., 2006; SCAPIM et al., 2006), resistência à mancha-branca (NIHEI e FERREIRA, 2012) e mesmo quanto à eficiência de uso de P (MEIRELLES et al., 2016).

Um dos procedimentos mais utilizados na metodologia dialélica é o desenvolvido por Griffing (1956), ele adotou um processo que estima os componentes de variância referentes à capacidade geral e específica de combinação. O procedimento envolve três conjuntos de genótipos: os parentais, F_1 's e os cruzamentos recíprocos. Griffing indicou quatro diferentes métodos alternativos de dialelo, variando conforme o material genético estudado na análise. O método 2, utilizado no presente estudo, é aquele onde os F_1 's e os parentais estão presentes na análise, excluindo os cruzamentos recíprocos.

A análise dialélica de genótipos de milho contrastantes quanto à eficiência de uso do P permite selecionar genitores mais eficientes no uso de P e responsivos à aplicação do nutriente, tanto para uso "*per se*", como para indicação de grupos heteróticos que possam apresentar produção satisfatória em áreas deficientes em P (MEIRELLES et al., 2016).

2.6. Capacidade específica de combinação e interação de genótipos e ambientes utilizando a análise AMMI-Biplot

A interação de genótipos com ambientes (G x E) representa uma das principais dificuldades encontradas pelos melhoristas durante sua atividade seletiva. Nas etapas preliminares deste processo, a interação G x E pode inflacionar as estimativas da variância genética, resultando em superestimativas dos ganhos genéticos esperados com a seleção (ganhos reais inferiores aos previstos). A presença dessa interação, na maioria das vezes, faz com que os melhores genótipos num determinado local não sejam em outros. Isto dificulta a recomendação de genótipos (cultivares) para

toda a população de ambientes amostrada pelos testes (DUARTE e VENCOVSKY, 1999).

Diante disso, tem-se utilizado algumas metodologias, como por exemplo, o modelo AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction analysis) para avaliar a adaptabilidade. Este é um método estatístico para compreender a estrutura de interações entre genótipos e ambientes (GAUCH, 1992). A análise AMMI pode ser utilizada com eficiência na identificação de condições ambientais superiores para exploração agrícola (seleção de locais de cultivo) e genótipos de superior desempenho médio (GAUCH et al., 2008; YAN, 2011).

A análise AMMI combina, num único modelo, componentes aditivos para os efeitos principais (genótipos e ambientes) e componentes multiplicativos para efeitos da interação $G \times E$ (GONÇALVES e FRITSCH NETO, 2012). Zobel et al. (1988) sustentam que o método AMMI permite uma análise mais detalhada da interação $G \times E$, por empregar a análise de variância à matriz de médias para estimar os efeitos principais, parte aditiva e desdobramento da interação, constituindo a parte multiplicativa do modelo que pode ser analisada por decomposição dos valores singulares (DVS) ou análise de componentes principais (ACP) que garante a seleção de genótipos mais produtivos. Assim propicia estimativas mais precisas das respostas genotípicas e possibilita uma fácil interpretação gráfica (AMMI Biplot) dos resultados da análise estatística.

Além da representação gráfica de genótipos e ambientes, o método AMMI Biplot permite também a análise da capacidade de combinação. Yan e Hunt (2002) sugerem a técnica de biplot utilizando componentes principais para análise dialélica. Dois componentes da matriz de dados obtidos a partir de múltiplos ambientes são utilizados para visualizar efeitos de genótipo e interação genótipo \times ambiente, usando um gráfico bidimensional. Da mesma forma que os ensaios de múltiplos ambientes, os dois primeiros componentes principais pode ser usados para visualizar os efeitos da CGC e da CEC (BERTOIA et al., 2006).

Em um trabalho realizado por Duarte e Pinto (2002) em cruzamentos envolvendo genótipos de milho, utilizaram a análise dialélica em conjunto com a AMMI-biplot para identificar as melhores combinações híbridas. Com a matriz da capacidade específica de combinação, obtidas a partir da análise dialélica foi possível à representação gráfica, por meio da análise AMMI-biplot dos dois primeiros

componentes principais, melhorando a identificação de combinações híbridas favoráveis, permitindo a visualização do agrupamento dos pais nos grupos heteróticos.

Diversos trabalhos em diferentes culturas já foram realizados utilizando a análise AMMI-biplot para identificação de combinações híbridas favoráveis. Farshadfar et al. (2012) realizou trabalho também em condições de estress abiótico, visando a seleção de genótipos tolerantes ao estress hídrico em trigo. Com intuito de identificar genótipos mais produtivos em linhaça, Rastogi et al. (2011) utilizando sete parentais em um dialélo, obteve por meio da visualização gráfica AMMI uma boa combinação para produtividade entre cruzamentos de parentais B com F.

Também na cultura do milho, Bocanski et al. (2011) utilizando o dialélo de Griffing, associado a análise biplot, permitiu uma melhor interpretação dos resultados na identificação de testadores em cruzamentos híbridos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção das progênes de meios-irmãos (PMI)

As PMI foram obtidas a partir do cruzamento ao acaso entre cinco variedades de polinização aberta (Quadro 1). A semeadura foi realizada no Sítio Maeda localizado no município de Caarapó-MS, com latitude de 22°29'28"S, longitude de 54°56'10"W e 471 m de altitude na primeira safra 2014/2015.

QUADRO 1. Ciclo, cor do grão, tipo do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das variedades utilizadas para a extração das progênes de meios-irmãos.

Variedade	Ciclo	Cor do Grão	Tipo do Grão	Nível de Tecnologia	Empresa
IPR 164	P	AM/AL	SMDURO	B/M	IPR
AL Avaré	I	AM/AL	SMDURO	B	DSMM/CATI
AL Bandeirante	SP	AM/AL	SMDURO	B/M	DSMM/CATI
Cati Verde 02	SP	AM	SMDENT	B	DSMM/CATI
BRS 106	I	AM	SMDENT	B/M	Embrapa

Ciclo: P – precoce, SP – semiprecoce, I – intermediário;

Cor do grão: AL – alaranjado, AM – amarelo;

Tipo do grão: SMDURO – semiduro, SMDENT – semidentado;

Tecnologia: B – baixo, M – médio;

Empresa: IPR – Instituto Agrônômico do Paraná, DSMM/CATI – Departamento de Sementes, Mudanças e Matrizes/Coordenadoria de Assistência Técnica Integral;

As sementes foram adquiridas no campo de produção da empresa Sementes Bonamigo, localizada no município de Bandeirantes-MS. Estas variedades foram escolhidas por apresentarem boa tolerância em condições de estresse abiótico e por se desenvolverem bem nas condições climáticas da região centro-sul do Mato Grosso do Sul.

A semeadura das variedades ocorreu em campo isolado, propiciando o acasalamento ao acaso sem riscos de cruzamentos com outros cultivares e em uma área sob condição de baixo fósforo e sem adubação fosfatada na base. Importante salientar que nos ensaios de avaliação, adotou-se como baixo fósforo as áreas sem adubação fosfatada, não levando em consideração os níveis de P presente no solo, de acordo com

a análise química. As adubações dos demais nutrientes foram feitas conforme recomendações de Fancelli e Dourado Neto (2008).

A área total do campo de seleção foi de 7500 m², em que cada variedade possuía uma área de 1500 m², semeadas lado a lado. De cada variedade foram selecionadas 50 progênies, obtendo-se o total de 250 progênies de meios-irmãos. A colheita foi realizada individualmente, de forma que cada planta foi escolhida por apresentar as melhores espigas com base em observações de notas de sanidade com relação ao ataque de pragas e doenças, comprimento de espiga, sintomas foliares ao estresse de fósforo, altura de planta e espiga, grau de empalhamento da espiga e proflicidade.

As espigas foram debulhadas separadamente, manualmente e identificadas no Laboratório de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD). As nomeações das progênies foram feitas de acordo com a variedade de origem, sendo classificadas por números, de 1 a 50 as progênies oriundas da variedade IPR 164, de 51 a 100 da BR 106, de 101 a 150 da Cati Verde 02, de 151 a 200 da AL Bandeirante e de 201 a 250 da AL Avaré.

As sementes de cada PMI foram contadas e divididas, sendo uma parte armazenada em câmara seca a 18°C e a outra selecionada para a semeadura dos ensaios de avaliação das progênies em alto e baixo nível de fósforo.

3.2. Ensaios de avaliação das progênies de meios-irmãos

Na segunda safra de 2015 foram realizados os ensaios de avaliação entre as 250 PMI selecionadas na condição de baixo P. As PMI foram alocadas em dois ensaios (alto e baixo P) em Dourados-MS, semeados na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA) da UFGD, localizada na latitude 22°11'55"S, longitude de 54°56'07"W e 452 metros de altitude. A semeadura ocorreu após a colheita da soja na área experimental.

No quadro 2 estão apresentados os valores referentes à análise química, granulométrica da camada de 0-20 cm do solo, bem como das condições climáticas durante o período de avaliação da área experimental em Dourados-MS.

QUADRO 2. Análise química do solo da camada 0-20 cm de profundidade e características climáticas da área experimental em Dourados-MS, safra 2015.

Profundidade cm 0-20	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mel.)	MO	pH CaCl ₂
	-----cmol _c dm ⁻³ -----				--mg dm ⁻³ --	%	
Dourados – MS	2,6	2,0	1,8	0,8	16	3,0	5,0
Características climáticas	Pluviométricos (mm)					T ° Média	UR Média
	MAR	ABR	MAI	JUN	AGO	°C	%
Dourados – MS	89,9	99,6	209,4	68,4	108	23,35	65,84

Os ambientes de avaliação e seleção dos genótipos estudados foram divididos em alto P e baixo P. As doses utilizadas foram de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, formando assim as doses alta e baixa de fósforo, respectivamente. As doses foram definidas de tal maneira que as plantas estivessem em condição de estresse, entretanto o estresse não foi acentuado ao ponto de ofuscar a variabilidade genética das populações, conforme recomendações de Fristsche Neto e Borém (2012).

As 250 PMI de milho foram avaliadas em cada ambiente contrastante de P com seis testemunhas, sendo elas as variedades utilizadas no ciclo de seleção das PMI (Quadro 1) e o híbrido simples 30A37, da empresa Morgan, de ciclo superprecoce, porte médio, grão semiduro, grãos alaranjados, alto nível tecnológico e potencial produtivo. Assim, no total foram avaliados 256 genótipos.

O delineamento experimental utilizado nos ensaios foi o de blocos incompletos em látice 16x16, com 2 repetições por ensaio. A parcela experimental foi constituída de uma linha de cinco metros, espaçadas entre si por 0,90 m e 0,20 m entre plantas, totalizando a área da unidade experimental de 4,5 m². Após 30 dias da semeadura foram feitas a adubação de cobertura com 100 kg ha⁻¹ de uréia e o desbaste de plantas, mantendo a população em 55000 plantas ha⁻¹. O controle de ervas daninhas foi feito com aplicações dos herbicidas de nome comercial Soberan[®] (Tembotriona) e Atanor 50 SC[®] (Atrazina), nas respectivas doses de 0,2 L ha⁻¹ e 3 L ha⁻¹. Para controle de lagartas foi realizada a aplicação do inseticida Premio[®] (Clorantraniliprole) na dose de 0,2 L ha⁻¹, utilizando uma bomba costal com jato dirigido no cartucho da planta.

As avaliações foram realizadas em três momentos distintos. As primeiras foram de florescimento feminino (FF) e florescimento masculino (FM), em dias após a semeadura. O FF foi estimado quando 50% das plantas da parcela apresentaram estilo-estigma receptivo e o FM foi estimado quando 50% das plantas da parcela apresentaram

um terço do pendão emitindo pólen. Com os dias de florescimento foi calculado o intervalo entre florescimento feminino e masculino (IF), correspondente à diferença em dias entre FF e FM.

Na fase de pré-colheita foram avaliados: altura de planta (AP), sendo obtida pelas médias das amostragens feitas em nível do solo a inserção da folha-bandeira, em metros. As alturas de espiga, sendo obtidas pelas médias das distâncias do nível do solo até a inserção da espiga superior, em metros. Em ambas as avaliações foi utilizada uma trena e avaliadas 5 plantas por parcela. A presunção diâmetro de colmo (DC) foi realizada com o paquímetro, em milímetros, no estádio R4 de grãos farináceos, a 20 cm do colo da planta.

Após a colheita foi determinado o comprimento da espiga (CE) por meio da média de comprimento de 5 espigas despalhadas em centímetros, com auxílio de uma régua e determinado a produtividade de grãos (PG) da unidade experimental, corrigido para 13 % de umidade, em kg ha^{-1} .

3.2.1. Análises estatísticas

Inicialmente, realizou-se a análise de variância individual para cada nível de P, de acordo com o modelo proposto por Silva et al. (1999), considerando-se a análise individual intrablocos com tratamentos ajustados e blocos dentro de repetições não-ajustados de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{il(j)} = \mu + t_i + r_j + (b/r)_{l(j)} + e_{il(j)}, \text{ em que:}$$

$Y_{il(j)}$ é o valor observado do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, v = k^2$), no bloco incompleto l ($l = 1, 2, \dots, k$), da repetição j ($j = 1, 2, \dots, r$);

μ é uma constante inerente a todas as observações;

t_i é o efeito fixo do tratamento i ;

r_j é o efeito fixo da repetição j ;

$(b/r)_{l(j)}$ é o efeito aleatório do bloco incompleto l dentro da repetição j ;

$e_{il(j)}$ é o erro aleatório associado à observação $Y_{il(j)}$;

Foi realizado o cálculo para a eficiência do látice em relação ao de blocos casualizados em cada ensaio, com base nas seguintes fórmulas:

$$(1) EE_f = E_e (1 + (rk\mu / k + 1)), \text{ em que:}$$

EE_f é o erro efetivo médio do látice;

E_e é o quadrado médio do erro intrablocos;

r é o número de repetições;

k é \sqrt{g} , onde g é o número de tratamentos avaliados;

μ é o fator de ponderação utilizado para obtenção dos totais de tratamentos ajustados, que é dado por:

$$(2): \mu = (E_b - E_e) / k (r-1) E_b, \text{ onde:}$$

E_b é o quadrado médio de blocos/repetições (ajustado), obtido na análise intrablocos.

$$(3): \text{Eficiência do látice} = 100 \text{ QR} / \text{EE}_f, \text{ em que:}$$

QR é o quadrado médio do resíduo obtido em análise, considerando-se o modelo em blocos completos casualizados.

Antes de realizar a análise conjunta dos experimentos foi avaliado a homogeneidade dos quadrados médios dos resíduos (QMr), pela razão entre o maior QMr e o menor QMr. Para ser considerada homogênea essa razão não deve ultrapassar a relação 7:1 a fim de garantir grau adequado de homogeneidade das variâncias dos erros (PIMENTEL GOMES, 2009).

Após a constatação da homogeneidade dos erros foi realizada a análise de variância conjunta para os dois níveis, separando as análises em alto e baixo P, segundo o modelo apresentado por Regazzi et al. (1999), considerando-se a análise intrablocos com tratamentos ajustados e blocos dentro de repetições não-ajustados de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{il(j)(p)}: \mu + t_i + (r/a)_{j(p)} + (b/r/a)_{l(j)(p)} + a_p + (ta)_{ip} + e_{il(j)(p)}, \text{ em que:}$$

$Y_{il(j)(p)}$: valor observado do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, v = k^2$), no bloco incompleto l ($l = 1, 2, \dots, k$), da repetição j ($j = 1, 2, \dots, r$), no nível p ($p = 1, 2, \dots, s$);

μ é uma constante inerente a todas as observações;

t_i é o efeito fixo do tratamento i ;

$(r/a)_{j(p)}$: efeito aleatório da repetição j dentro do nível p ;

$(b/r/a)_{l(j)(p)}$: efeito aleatório do bloco incompleto l dentro da repetição j do nível p ;

a_p : efeito aleatório do nível p ;

$(ta)_{ip}$: efeito aleatório da interação entre o tratamento i e o nível p ; e

$e_{il(j)(p)}$: erro aleatório associado a observação $y_{il(j)(p)}$.

Os dados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013) e as médias dos tratamentos genéticos foram agrupadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade (anexo 1A).

Conforme a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), a eficiência na utilização do fósforo (EUP) 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. As 7 PMI que apresentaram as maiores EUP foram selecionadas para realização dos cruzamentos no arranjo dialélico, para obtenção dos híbridos experimentais.

$$EUP = \frac{\text{Produção em } (P+) - \text{Produção em } (P-)}{\text{Diferença entre os níveis de } P}$$

Em que,

P +: Alto P

P -: Baixo P

Diferença entre os níveis de P = (100 kg ha⁻¹ P₂O₅ – 0 kg ha⁻¹ P₂O₅)

3.3. Cruzamentos dialélicos e obtenção dos híbridos experimentais

Na primeira safra 2015/2016 foram semeadas as 7 PMI eficientes ao uso de fósforo (213, 205, 233, 225, 30, 232 e 128), no sitio Maeda, localizado em Caarapó-MS, em campo isolado, para obtenção dos híbridos experimentais F₁, sem seus recíprocos, gerando o total de 21 híbridos e mais 7 genitores (Figura 3).

Os cruzamentos foram realizados no arranjo dialélico de meia tabela, em que todos os genitores foram cruzados entre si. As plantas foram semeadas em esquema de fileiras pareadas, com uma fileira macho de plantas que irão produzir polén para realizar o cruzamento com a fileira fêmea, método 2 de acordo com a proposta de Griffing (1956).

F/M	213	205	233	225	30	232	128
213	213	H _{213x205}	H _{213x233}	H _{213x225}	H _{213x30}	H _{213x232}	H _{213x128}
205		205	H _{205x233}	H _{205x225}	H _{205x30}	H _{205x232}	H _{205x128}
233			233	H _{233x225}	H _{233x30}	H _{233x232}	H _{233x128}
225				225	H _{225x30}	H _{225x232}	H _{225x128}
30					30	H _{30x232}	H _{30x128}
232						232	H _{232x128}
128							128

FIGURA 3. Esquema do cruzamento dialélico de meia tabela realizado com as 7 PMI eficientes no uso de fósforo em Caarapó-MS, safra 2015/2016.

A semeadura foi realizada em duas etapas, primeiro foi feito o plantio das fileiras macho e 5 dias após realizou-se a semeadura das fileiras fêmeas, para garantir que ambas estivessem em florescimento no período dos cruzamentos, procedimento denominado "split". As linhas de cada cruzamento possuíam 10 metros de comprimento, totalizando o stand de 50 plantas macho e fêmea.

Após aproximadamente 45 dias do plantio, quando teve início do florescimento feminino, deu-se início aos trabalhos de cobrimento do estilo estigma e o despendoamento manual das fileiras fêmeas para que não ocorresse à contaminação de polén estranho.

No mês de novembro de 2015 foi dado início ao processo de cobrimento de pendão, parte masculina da planta, e no período de 15 dias foi realizado cruzamento entre as plantas, ou seja, a fecundação do pólen das plantas da fileira macho na parte feminina das plantas da fileira fêmea. Assim, as espigas que foram colhidas desses cruzamentos constituíram os híbridos experimentais F_1 . Neste ciclo de cruzamentos a progênie não foram submetidas a condições de estresse de fósforo, sendo as adubações feitas normalmente conforme recomendações de Fancelli e Dourado Neto (2008), para garantir ao máximo a produção de sementes.

As espigas cruzadas foram colhidas manualmente e depois debulhadas. As sementes de cada F_1 foram misturadas, separadas e identificadas para realização das avaliações dos híbridos experimentais.

3.4. Avaliações dos híbridos experimentais eficientes no uso de fósforo

Na segunda safra de 2016 foram realizados os experimentos de avaliação dos 21 híbridos mais os 7 genitores e 2 testemunhas, em em dois locais, Dourados-MS e Caarapó-MS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 30 tratamentos e 3 repetições. Cada parcela foi constituída por uma fileira de cinco metros, espaçadas entre si por 0,90 m e 0,20 entre plantas. O estande utilizado foi de aproximadamente 55000 plantas ha^{-1} , em que os tratamentos foram submetidos a dois experimentos (ambientes), um com dose de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 (alto P) e outro com dose de 0 kg ha^{-1} (baixo P). Os tratos culturais e as avaliações de características nesta etapa foram os mesmos da etapa de avaliação e seleção das progênie. No quadro 3

estão apresentados os valores referentes à análise química, granulométrica da camada de 0-20 cm, do solo, bem como das condições climáticas durante o período de avaliação da área experimental em Dourados-MS e Caarapó-MS.

QUADRO 3. Análise química do solo da camada 0-20 cm de profundidade e características climáticas da área experimental em Dourados-MS e Caarapó-MS, safra outono - inverno 2016.

Profundidade cm 0-20	Ca	Mg	H+Al	K	P (Mel.)	MO	pH CaCl ₂
	-----cmol _c dm ⁻³ -----				--mg dm ⁻³ --	%	
Dourados – MS	4,2	1,5	4,8	0,5	13,3	3,0	5,3
Caarapó – MS	6,3	1,8	3,3	0,4	10,6	3,0	5,8
Características climáticas	Pluviométricos (mm)					T ° Média	UR Média
	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	°C	%
Dourados – MS	115	40,3	171,2	44,8	42,3	20,32	70,44
Caarapó – MS	109	35,8	180,1	50,3	47,5	20,12	71,20

3.4.1. Análise estatístico-genéticas

Inicialmente todas as características foram submetidos à análise individual para cada local e nível, para testar a homogeneidade das variâncias residuais entre os ambientes. As médias foram também submetidas a análise conjunta, adotando o modelo estatístico de fatorial triplo envolvendo genótipos x locais x níveis de P, considerando-se os efeitos de genótipos como fixos e as interações com locais como aleatórios, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + (B/L)/N_{jkm} + G_i + N_j + L_k + GN_{ij} + GL_{ik} + NL_{jk} + GNL_{ijk} + E_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} : observação do i -ésimo genótipo no j -ésimo nível de fósforo no k -ésimo local;

μ : média geral;

$(B/L)N_{jkm}$: efeito aleatório do m -ésimo bloco dentro de cada local e nível de fósforo;

G_i : efeito fixo do genótipo do i -ésimo genótipo;

N_j : efeito fixo do j -ésimo nível de fósforo;

L_k : efeito aleatório do j -ésimo local;

GN_{ij} : efeito aleatório da interação entre o i -ésimo genótipo e o j -ésimo nível de fósforo;

GL_{ik} : efeito aleatório da interação entre o i -ésimo genótipo e o k -ésimo local;

NL_{jk} : efeito aleatório da interação entre o i -ésimo nível de fósforo e o k -ésimo local;

GNL_{ijk} : efeito aleatório da interação entre o i -ésimo genótipo, o j -ésimo nível de fósforo e o k -ésimo local;

E_{ijk} : erro aleatório experimental médio associado à observação Y_{ijk} ;

Para a característica de produtividade de grãos, foi feita a análise dialélica individual para cada ambiente e nível de P, foi utilizado o método 2 proposto por Griffing (1956), em que são incluídos $\frac{p(p+1)}{2}$ tratamentos genéticos formados pelos genitores e híbridos F_1 's, excetuando os híbridos recíprocos.

Neste caso o modelo genético-estatístico foi expresso por:

$$y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij}, \text{ em que:}$$

y_{ij} : valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$);

m : constante;

g_i, g_j : efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo ou j -ésimo genitor, respectivamente ($i, j = 1, 2, \dots, p$);

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores i e j ;

\bar{e}_{ij} : erro experimental médio associado à observação y_{ij} , estimado no experimento de avaliação dos tratamentos genéticos do dialelo.

Neste modelo considera-se $s_{ij} = s_{ji}$.

Na forma matricial o modelo é expresso por:

$$y = X\beta + \varepsilon, \text{ em que:}$$

y_{nx1} : vetor dos valores observados;

$X_{nx(p+1)}$: matriz de incidência dos efeitos genéticos (conhecida);

$\beta_{(p+1) \times n}$: vetor dos efeitos da constante e das capacidades geral e específica de

combinação (desconhecido);

$\varepsilon_{n \times 1}$: vetor do erro experimental associado aos elementos de y .

A estimação dos efeitos e das somas de quadrados dos efeitos é obtida a partir do modelo linear descrito anteriormente, sendo que a matriz X não é de posto coluna completo. Desta forma, as soluções do sistema de equações normais associado ao modelo são obtidas por meio de $\beta^0 = (X'X)^{-} X'Y$, em que $(X'X)^{-}$ é alguma inversa generalizada de $X'X$, e variam conforme a escolha da inversa generalizada.

Este problema tem sido contornado obtendo-se soluções únicas do sistema de equações por meio de cortes no espaço de soluções pela imposição de restrições convenientes. Para a obtenção de solução única para as equações normais bem como para tornar os parâmetros de β individualmente estimáveis, optou-se por completar o posto coluna de X com acréscimo de linhas linearmente independentes, oriundas de funções paramétricas não estimáveis. Geralmente, adotam-se restrições do tipo soma zero, ou seja, expressando cada efeito como um desvio em relação à média. Neste contexto, as expressões das somas de quadrados para cada efeito são:

$$SQ_m = R(m) = \hat{m}y_{..} = \frac{y_{..}^2}{p^2}$$

$$SQ_g = R(g|m) = \sum_i \hat{g}_i (y_{i.} + y_{.i}) = \frac{1}{2p} \sum_i (y_{i.} + y_{.i})^2 - \frac{2}{p^2} y_{..}^2$$

$$SQ_s = R(s|g, m) = \sum_{i < j} \hat{s}_{ij} (y_{ij} + y_{ji}) + \sum_i \hat{s}_{ii} y_{ii}, \text{ em que:}$$

m : média geral;

g : efeitos da capacidade geral de combinação;

s : efeito da capacidade específica de combinação;

$R(m)$: redução na soma de quadrados do resíduo corrigido para m ;

$R(g|m)$: redução na soma de quadrados do resíduo após o ajuste do modelo para g , corrigido para m ;

$R(s|g,m)$: redução na soma de quadrados do resíduo após o ajuste do modelo para s , corrigido para g e m .

Para a genética e melhoramento de plantas, as restrições impostas simplificam as análises e proporcionam estimadores com significado biológico de interesse, principalmente para fins de seleção, além do fato de que as restrições nas soluções não interferem no modelo.

Todas as análises de variância e dialélicas, foram realizadas de acordo com o método 2, progenitores e F_1 's, de Griffing (1956). Constitui-se, portanto um arranjo dialélico $\frac{p(p+1)}{2}$, utilizando o programa GENES (CRUZ, 2013; CRUZ, 1994).

Após a análise individual, realizou-se a análise de dialélica conjunta avaliada em diferentes locais e níveis de P, permitindo quantificar a capacidade combinatória, geral e específica, bem como suas interações com o ambiente.

Para visualizar as combinações híbridas favoráveis e desfavoráveis foi utilizada a metodologia AMMI-biplot para representar na forma gráfica a capacidade específica de combinação (CEC), como descrita em Duarte e Pinto (2002).

O método matricial chamado decomposição em valor singular (DVS) é utilizado como base para a representação gráfica denominada biplot. O método DVS consiste em decompor uma matriz Y de posto p como a soma de p matrizes ortogonais de posto unitário, ou seja:

$$Y_{(lxc)} = \sum_{k=1}^p \lambda_k u_k v_k', \text{ em que: } k = 1, 2, \dots, p \text{ e } p \leq \min(l, c); \text{ sendo:}$$

λ_k : k -ésimo valor singular da matriz Y , que corresponde à raiz quadrada do k -ésimo autovalor não nulo de YY' ou $Y'Y$; u_k e v_k' são os vetores singulares coluna e linha, respectivamente, associados ao k -ésimo valor singular.

Para o uso da análise AMMI na interpretação da capacidade específica de combinação (CEC) é utilizada a matriz $Y_{(fxm)}$, onde f é o número de linhas (parentais femininos) e m é o número de colunas (parentais masculinos) na tabela do dialelo.

Na análise AMMI, a DVS é utilizada para obter a aproximação de uma matriz por outra de posto mais baixo com o objetivo de interpretar a interação de

genótipos com ambientes, sendo a matriz de interação representada pela matriz Y descrita anteriormente.

A DVS determina a partição da soma de quadrados dos elementos da matriz original (SQ_Y) e considerando que Y é a matriz das estimativas dos desvios da CEC (\hat{s}_{ij}) , esta soma de quadrados é diretamente relacionada com a SQ_{CEC} da análise de variância do dialelo.

Para a representação gráfica biplot da capacidade específica de combinação (CEC) foi considerada uma aproximação DVS n para a matriz $Y_{(fxm)}$ de posto

$p > n$:

$\hat{Y}_{(fxm)} = \sum_{k=1}^n \lambda_k u_k v_k' = \tilde{U} \tilde{S} \tilde{V}'$, em que $\tilde{U}_{(fxn)}$ têm nas suas colunas apenas os n primeiros $u_{(fx1)}$ vetores, $\tilde{V}'_{(n xm)}$ tem nas suas linhas apenas os n primeiros $v'_{(1 xm)}$

vetores e $\tilde{S}_{(n)}$ é a matriz diagonal com os primeiros valores singulares, $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ (Duarte e Vencovsky, 1999). A expressão anterior pode ser escrita como:

$$\hat{Y}_{(fxm)} = (\tilde{U} \tilde{S}^{1/2}) (\tilde{S}^{1/2} \tilde{V}'), \text{ ou simplesmente como } \hat{Y}_{(fxm)} = (\tilde{G}) (\tilde{H}'), \text{ sendo}$$

$$\tilde{G}_{(fxn)} = (\tilde{U} \tilde{S}^{1/2}) \text{ e } \tilde{H}'_{(n xm)} = (\tilde{S}^{1/2} \tilde{V}').$$

Desta forma, a matriz $\tilde{G}_{(fxn)}$ terá f vetores chamados de marcadores de linhas (cada um com n elementos), que correspondem às coordenadas dos parentais femininos (F), para cada eixo singular selecionado. Da mesma forma, a matriz $\tilde{H}'_{(n xm)}$ terá m vetores chamados de marcadores de colunas (cada um também com n elementos), que correspondem às coordenadas dos parentais masculinos (M), para os mesmos eixos singulares selecionados. Uma vez que os eixos singulares são ortogonais, os f parentais femininos e os m parentais masculinos poderão ser plotados num único sistema cartesiano de n eixos perpendiculares, numa representação gráfica em duas ou três dimensões. As análises AMMI-biplot para capacidade específica de combinação

(CEC) serão realizadas utilizando o programa SAS versão 9.1 (SAS INSTITUTE INC., 2004). A rotina para esta análise pode ser vista no Anexo A.

Constatando a interação genótipo x ambientes pelo teste F significativo, procedeu-se a análise AMMI-Biplot (ZOBEL et al., 1988), sendo cada nível e local um ambiente, totalizando 4 ambientes, que considera os efeitos de genótipos e ambientes como aditivos e a interação GxE como multiplicativa, por meio da análise dos componentes principais (ACP), com o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \lambda_{ik} \alpha_{jk} + r_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que Y_{ij} é a produtividade média do genótipo i , no ambiente j ; μ é a produtividade média geral; g_i é o efeito do genótipo i ; a_j é o efeito do ambiente j ; λ_k é o k -ésimo autovalor do eixo da ACP; λ_{ik} é o autovetor do i -ésimo genótipo, no eixo k da ACP; α_{jk} é o autovetor do j -ésimo ambiente, no eixo k da ACP; r_{ij} é o desvio da interação não explicada pelos componentes principais, retidos (porção ruído); n é o número de eixos principais retidos para descrever o padrão da interação GxE; e ε_{ij} é o erro experimental médio associado à observação.

Para a definição do número de eixos testados, adotou-se o critério de Gauch e Zobel (1988), qual seja, a soma dos quadrados da interação (SQ_{GxE}) até o n -ésimo eixo. A análise AMMI-Biplot foi gerada pelo programa R versão 3.3.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008). A rotina para esta análise pode ser vista no Anexo B.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Parte I - Avaliação das PMI em diferentes níveis de P

4.1.1. Análise Individual

Na tabela 1 encontra-se o resumo da análise de variância individual em látice para os níveis de P alto e baixo. Verificou-se que não houve diferença significativa entre as progênies para variável IF nos dois níveis de P estudados. Para DE e CE em baixo P também não houve diferença significativa. Houve diferença significativa a $p < 0,05$ em alto P para DE e CE e em baixo P para DC. As demais variáveis apresentaram diferenças significativa nos dois níveis em estudo a $p < 0,01$, indicando que a população apresenta variabilidade genotípica para a seleção de progênies promissora para as características avaliadas.

O delineamento látice para alto e baixo P mostrou-se adequado já que para a maioria das características a eficiência do látice ultrapassou o valor de 100%, indicando que o experimento foi superior em relação ao delineamento de blocos casualizados (PIMENTEL GOMES e GARCIA, 1991).

É oportuno comentar o valor do coeficiente de variação (CV), o qual, segundo Pimentel Gomes (2009) mede a precisão experimental, valores inferiores a 10%, são considerados baixos, e de 10 a 20%, considerados médios. Indicando boa e média precisão experimental, respectivamente.

No presente trabalho, as estimativas do coeficiente de variação experimental apresentaram baixa magnitude, indicando boa precisão em todas as características avaliadas em ambos os contrastes de P. A exceção foi IF em que observou altos valores para CV em alto P (41,64%) e em baixo P (27,76%). Isso pode ser explicado pelo fato de se tratarem de progênies de meios irmãos, com diferentes ciclos e ainda em fases iniciais de seleção que não se encontram estabilizadas. Contudo, essas estimativas estão semelhantes com o relatado por outros autores para essa característica (PARENTONI e SOUZA JÚNIOR, 2008; SILVA, 2002).

Para florescimento feminino e masculino, o CV foi menor que 5% o que é considerado baixo, valores semelhantes em florescimento no milho foram obtidos por

Bigotto et al. (2003) e Araújo (2002) que também avaliaram progênies de meios-irmãos de milho.

TABELA 1. Resumo da análise de variância individual das características agrônômicas de 250 progênes de meios-irmãos de milho e 6 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P (Dourados-MS, 2015).

Alto P										
F.V	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
Repetição	1	807,51	58,45	12,06	244,75	59,81	63,28	3,89	453,00	753817,02
Bloco (ajust.)	30	105,07	48,74	10,46	7,59	8,72	0,84	12,10	2,40	256890,15
Progênes	255	1538,27**	853,80**	15,81**	8,22**	8,63**	0,82 ^{ns}	12,96*	4,05*	901972,18**
Erro	255	189,91	89,99	10,03	3,26	4,25	0,97	10,19	3,05	23401,94
CV%		6,36	9,61	14,01	2,23	2,62	41,64	6,76	10,06	12,41
Médias		216,55	98,62	22,60	80,94	78,57	2,37	47,22	17,36	3890,62
Eficiência do Látice		94,74	94,60	100,02	109,81	107,06	98,41	100,42	97,47	100,13
Baixo P										
F.V	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
Repetição	1	43,94	9,84	59,93	1,53	0,12	2,67	16,13	2,97	407720,30
Bloco (ajust.)	30	162,30	49,36	10,36	10,72	6,62	1,19	19,58	3,75	315621,91
Progênes	255	467,10**	209,09**	16,22*	11,44**	10,14**	0,90 ^{ns}	13,65 ^{ns}	3,75 ^{ns}	1054190,84**
Erro	255	131,23	47,92	12,01	3,95	2,95	0,85	13,05	3,65	280845,12
CV%		7,31	12,16	17,16	2,37	2,13	27,76	8,91	12,04	19,14
Médias		156,61	56,90	20,19	83,77	80,43	3,33	40,55	15,87	2768,495
Eficiência do Látice		100,64	100,01	98,38	113,77	108,90	101,53	102,29	100,01	100,19

AE: altura de espiga (cm); AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro de colmo (mm); FF: florescimento feminino (dias); FM: florescimento masculino (dias); IF: intervalo de dias entre florescimento masculino e feminino; DE: diâmetro de espiga (mm); CE: comprimento de espiga (cm); PG: produtividade de grãos (kg ha⁻¹). **, *, ns: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo respectivamente pelo teste F.

Com relação às médias das características e comparando os dois ensaios (Tabela 1), os valores médios foram superiores para alto P, exceto para os parâmetros de FF, FM e IF. Verificou-se que para as características de FF e FM, as médias para os ambientes de baixo P foram de 3,49% e 2,36% maiores que as médias do ambiente de alto P, indicando que, em média, as plantas se apresentaram mais tardias no ambiente de baixo P. Maiores estimativas de intervalo entre florescimento masculino e feminino (IF) podem levar à diminuição da produtividade de grãos. Isto ocorre devido à falta de sincronismo entre o florescimento e à possibilidade de escassez de pólen durante a fase de emissão do estilo-estigma, como também de abortamento de grãos logo após a fertilização. Aumentos no intervalo de florescimento, em ambientes sob estresse de fósforo, foram reportados por Mendes (2012) e Parentoni e Souza Júnior (2008), neste trabalho o ambiente de baixo P o IF foi maior, de 3,33 dias, enquanto para alto P foi de 2,37 dias.

Para altura de plantas (AP), foi observado intervalo de variação de 194,8 a 89,6 cm, com média geral de 156,61 cm para o ambiente sob baixo P, enquanto, para o ambiente sem estresse, o intervalo de variação foi de 273,5 a 105 cm, com média geral de 216,65 cm. O mesmo ocorreu para altura de espiga (AE), que apresentou em baixo P média de 56,90 cm e em alto P de 98,62 cm. É importante avaliar essas variáveis, pois podem ter relação direta com o índice de acamamento e perdas de grãos na colheita. Assim, observou-se maior desenvolvimento das plantas em condições de alto P.

No ambiente sob estresse, verifica-se menor valor da média para produtividade de grãos (PG), assim como o diâmetro de espiga (DE) e comprimento de espiga (CE), que são variáveis diretamente relacionadas aos componentes de produção. O incremento da adubação fosfatada na PG foi em média de 1122,13 kg ha⁻¹, mostrando que o fósforo é um nutriente limitante na produtividade da cultura do milho.

As duas médias de PG, 3890,62 e 2768,49 kg ha⁻¹, para alto e baixo P respectivamente, ficaram abaixo da média nacional de produtividade da cultura do milho, segundo a Conab (2016), a média do ano de 2015 foi de 5382 kg ha⁻¹, enquanto para o estado de Mato Grosso do Sul foi de 5708,00 kg ha⁻¹. No entanto, as médias obtidas no presente experimento não são consideradas ruins, pois são progênies em fases iniciais de um programa de melhoramento.

4.1.2. Análise Conjunta

Na análise de variância conjunta dos ambientes para alto e baixo P (Tabela 2) houve significância ($p < 0,01$), considerando as progênes e os níveis, exceto em IF para progênie não houve diferença significativa. A significância na maioria das características evidencia a presença de variabilidade genotípica entre as PMI, confirmando a diferença ambiental causada pelos diferentes níveis de P.

Foram detectadas também, diferenças estatísticas para a interação progênes x níveis (P x N), exceto para as características de IF, CE e DE, que não apresentaram comportamento diferenciado das progênes em face das oscilações ambientais.

Os coeficientes de variação obtidos variaram de 2,30 a 15,51%, sendo considerados baixos e medianos (PIMENTEL GOMES, 2009), conferindo boa a média precisão dos ensaios. Exceto para a variável IF, que apresentou CV de 33,57 %, é um valor aceitável para essa característica, conforme mencionado anteriormente.

A característica IF não apresentou diferenças entre as progênes e na interação P x N. Estes resultados diferem dos obtidos por Mendes (2012), que observou aumento médio em cerca de 6 vezes no intervalo de florescimento em condições de estresse nutricional de P. Porém está de acordo com o resultado obtido por Machado (2003), que não observou diferenças entre os IF em milho para dois níveis nutricionais. Apesar de não detectada diferença estatística significativa para interação, verifica-se o aumento desse intervalo de 0,96 dias quando as progênes são submetidas a baixo P. Este resultado poderia ser explicado ao analisar a análise de solo (Quadro 2), em que a concentração de P foi de 16 mg dm^{-3} . De acordo com Souza et al. (2002) considerando o solo argiloso, essa concentração pode estar em um nível de médio a adequado. Apesar do P não estar disponível para as plantas nessa totalidade, pode-se inferir que o nível de estresse não foi alto o suficiente para que a planta aumentasse o intervalo entre o florescimento masculino e feminino, explicando a significância da interação P x N.

Para CE e DE essa interação também não foi significativa, porém há diminuição em média de 1,49 cm no comprimento de espiga e de 6,67 mm em baixo P, assim como ocorre à redução dos valores médios de AE, AP, DC e DE, que são variáveis altamente correlacionadas com a produtividade.

TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta das variáveis agronômicas de 250 progênes de meios-irmãos de milho e 6 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P em (Dourados-MS, 2015).

F.V.	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
Progênes	255	1055,99**	599,78**	16,01**	13,06**	12,39**	0,91 ^{ns}	14,17**	4,54**	1416918,61**
Níveis de P	1	919621,0**	445556,2**	1479,6**	2041,9**	886,9**	237,3**	11416,6**	567,3**	322351210,0**
P X N	255	949,38**	463,11**	16,02**	6,60**	6,38**	0,80 ^{ns}	12,44 ^{ns}	3,26 ^{ns}	539244,43**
Erro Efetivo	512	160,57	68,96	11,02	3,61	3,60	0,91	11,62	3,35	257123,53
CV%		6,79	10,67	15,51	2,30	2,38	33,57	7,76	9,54	15,22
Média		186,58	77,76	21,39	82,35	79,50	2,85	43,89	16,62	3329,56

AE: altura de espiga (cm); AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro de colmo (mm); FF: florescimento feminino (dias); FM: florescimento masculino (dias); IF: intervalo de dias entre florescimento masculino e feminino; DE: diâmetro de espiga (mm); CE: comprimento de espiga (cm); PG: produtividade de grãos (kg ha⁻¹). **, *, ns: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo respectivamente pelo teste F.

Quando a interação genótipos x níveis de disponibilidade de fosforo para os caracteres for significativa, a seleção não deve ser realizada com base no desempenho dos genótipos em apenas um ambiente, pois os genes são expressos de formas diferentes de acordo com a disponibilidade de fosforo no solo (FRITSCHÉ NETO e BORÉM, 2012).

Para a característica PG verificou-se significância ($p < 0,01$) para progênies, níveis de P e interação progênies x níveis de P. Diante disso, pode-se afirmar que existe diferença entre as progênies, há interferência quando submetidas a diferentes níveis de P, ou seja, existe interação fenotípica entre a população, demonstrando que as quantidades de P aplicadas foram adequadas para diferenciar os ambientes, sendo possível explorar as PMI em busca de progênies superiores eficientes no uso de fósforo.

É necessário à obtenção de cultivares adaptadas às condições de estresse de fosforo, pois se trata de um recurso natural finito que aos poucos está se exaurindo e estimativas recentes indicam que os preços dos adubos fosfatados devem crescer nas próximas décadas, pois as reservas de P mais facilmente exploráveis poderão ser esgotadas ainda neste século (MURREL e FIXEN, 2006).

4.1.3. Estimativa da Eficiência no uso de fósforo (EUP)

De acordo com a metodologia proposta por Fageria e Kluthcouski (1980), foi realizada a estimativa da eficiência no uso de fósforo (EUP) das 250 PMI e as testemunhas conforme a produtividade dos dois níveis de P. Com os valores da EUP, os genótipos foram divididos em quatro grupos, com o gráfico proposto por Fageria e Baligar (1993). No plano cartesiano (Figura 4), esta apresentada às classificações quanto à eficiência no uso de fósforo para as PMI analisadas.

Assim, com relação a produtividade de grãos, as 250 PMI foram divididas em: 3 como Eficientes e Responsivos, 96 como Eficientes e Não Responsivos, 32 como Não eficientes e Responsivos e 119 como Não Eficientes e Não Responsivos. As 6 testemunhas foram classificadas como Eficientes, sendo o híbrido simples 30A37 classificado com Eficientes e Responsivos e as demais como Eficientes e Não responsivos.

Os genótipos classificados como NENR, alocados no quadrante III da figura 4, não apresentaram produtividades desejadas tanto em baixo quanto para alto P. Essas progênes poderão ser descartadas neste programa de melhoramento por não atenderem com o objetivo do presente trabalho.

A progênie de meio-irmão 227 foi a que obteve maior valor de EUP, uma vez que apresentou a maior diferença de produtividade entre os dois níveis de fosforo, entretanto, foi classificada como ineficiente, por não apresentar uma boa produtividade em baixo P. Já em alto P foi a progênie de maior produtividade, de 6113,03 kg ha⁻¹, atrás apenas da testemunha 30A37 (Figura 4). Para melhor visualização a classificação de todas as PMI e das testemunhas, assim como as médias de algumas das principais características avaliadas e os valores de EUP, foram alocadas no anexo (Tabela 1A).

Na figura 5 está apresentada a classificação quando a eficiência das PMI e testemunhas de acordo com as produtividades nos dois níveis de P. Os genótipos que tiveram produtividades acima de 3000 kg ha⁻¹ foram considerados como Eficientes e abaixo como Não Eficientes. As progenies 213, 205, 233, 225, 232, 128 e 30 foram as mais eficientes e selecionadas para o ciclo de cruzamentos dialélicos e obtenção dos híbridos experimentais por terem apresentado maior produtividade em condição de baixo P. Dentre os genótipos a progênie 213 foi a de maior produtividade em baixo P (4701,95 kg ha⁻¹) e a ultima classificada dentre as sete melhores foi a progênie 128 com a produtividade de 4069,85 kg ha⁻¹ (Tabela 1A).

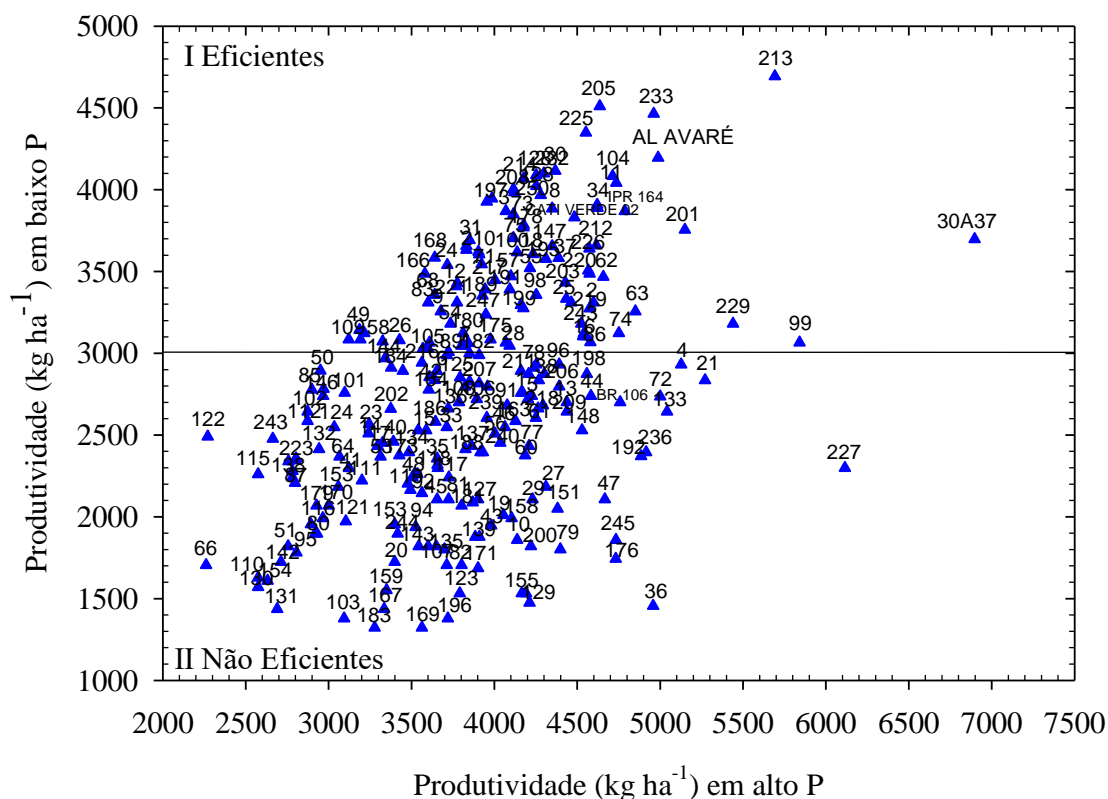


FIGURA 5. Produtividade em alto e baixo P e a eficiência das 250 PMI e 6 testemunhas.

A variedade BR 106 foi a única dentre as testemunhas considerada como não eficiente, a variedade AL Avaré foi classificada dentre as testemunhas como a mais eficiente, com a produtividade em baixo P de $4185,57 \text{ kg ha}^{-1}$, sendo a quinta melhor dentre os genótipos avaliados. Das sete progênies selecionadas como eficientes, observa-se que cinco delas teve como progenitor feminino a variedade AL Avaré, indicando que essa variedade foi eficiente no uso de P e que consequentemente possui bom potencial para extração de genótipos com base na produtividade de grãos.

Segundo a DSMM/CATI (2010) a variedade AL Avaré tem como características principais, estabilidade, adaptabilidade, produtividade, rusticidade e tolerância a condições de estresse nutricional. Em trabalho realizado por Prado (2016), observou produtividade de milho semelhante a este trabalho utilizando as mesmas variedades (IPR 164, BR 106, Cativerde 02, AL Bandeirante, AL Avaré). O autor utilizou as mesmas variedades como testemunha e as submeteu a alto e baixo nível de N em Dourados. Arce (2014) em trabalho utilizando variedades de milho constatou que a

variedade AL Avaré possui alta adaptabilidade e estabilidade. Pode-se afirmar que a variedade se adapta a região sul do Mato Grosso Do Sul, podendo ser utilizada em condições de estresse nutricional de P.

Dentre os fatores que podem explicar a EUP desses genótipos pode-se citar trabalhos como o de Alves et al. (2004) que observaram que a omissão de P na solução nutritiva, por seis dias, aumentou significativamente o comprimento radicular em três genótipos de milho eficientes para P, indicando que a morfologia do sistema radicular é um dos possíveis mecanismos de eficiência para este nutriente. Oliveira et al. (2009), na Embrapa Milho e Sorgo, apontaram diferenças entre cultivares de milho quanto à associação com micorrizas, em que os híbridos ineficientes apresentaram baixa associação, indicando que esses microrganismos estão presentes na maioria dos solos e se associam com as raízes promovendo ganho no desenvolvimento da cultura, principalmente em condições de baixa fertilidade.

Porém, esses tipos de mecanismos geralmente são avaliados em condições controladas que diferem das condições a campo. Associações simbióticas e comprimento radicular dependem do tipo e das condições de campo. A maioria dos trabalhos para seleção quanto à eficiência a P ainda tem sido baseado em experimentos a campo, de acordo com as produtividades, na presença de dois ou mais níveis (YAMADA, 2004).

Considerando as sete PMI mais eficientes e a variedade AL Avaré a produtividade média em baixo P foi de 4684,78 kg ha⁻¹ e em alto P de 4302,87 kg ha⁻¹, uma diferença de 381,91 kg ha⁻¹, sendo a maior média de produtividade obtida no nível de baixo P. Sugere-se que não seria economicamente viável a adubação de P para esses genótipos e o seu cultivo poderia ser ecologicamente sustentável, diminuindo a utilização de insumos.

De acordo com o Richetti (2016), considerando sistema de cultivo do milho safrinha convencional para a região sul Mato Grosso do Sul, o custo de produção seria em torno de R\$ 1986,83 em que fertilizantes comprometem 15,8% do custo total, considerando o preço da saca de 60 kg de milho em R\$ 23,78, seria necessário 13,20 sacas de milho somente para adubação sem considerar os custos de aplicação. Portanto justifica-se o aumento da adubação fosfatada não somente se houver aumento em produtividade, mas também que traga lucros para o produtor rural.

4.2. Parte II – Avaliação dos híbridos experimentais em diferentes níveis de P

4.2.1. Análise Individual

Na Tabela 3, está apresentado o resumo da análise de variância individual dos 21 híbridos experimentais produzidos a partir do cruzamento dialélico, sete progênes de meios-irmãos e 2 testemunhas avaliadas em Dourados-MS, em ambientes com alto e baixo P. Observou-se efeito significativo para produtividade de grãos; florescimento feminino e masculino, intervalo de florescimento e para altura de espiga nos dois níveis estudados. A significância demonstra a existência de variabilidade genética entre os genótipos estudados para essas características.

Não houve diferença entre os genótipos para diâmetro de colmo e comprimento de espiga nos níveis, indicando semelhança entre os genótipos para essas características, sendo que os níveis de P não interferiram para diferenciação dos híbridos, progênes e as testemunhas. Dessa forma, a seleção para eficiência no uso de P em Dourados não deve ser realizado com base nessas características.

O fornecimento deficiente e tardio de fósforo no solo nos primeiros estádios de desenvolvimento retarda o crescimento das plantas de milho (BULL, 1993). No nível de baixo P, exceto para os caracteres relacionados ao florescimento, observa-se diminuição das médias dos parâmetros avaliados em relação ao nível de alto P. Isto indica que os genótipos quando submetidos a condições de estresse nutricional de P teve menor desenvolvimento. No diâmetro de colmo, por exemplo, a redução da média leva a inferir que as plantas tenderam a ficar mais suscetíveis ao quebraamento e/ou acamamento, resultando em perda de produtividade.

Para altura de plantas e espiga as médias tiveram decréscimo de 4,39 % e 9,49 %, respectivamente. Na variável de diâmetro e comprimento de espiga a diferença entre as médias foram respectivamente de 4,77 mm e 2,29 cm. Observa-se que a inibição da adubação fosfatada alterou o comportamento em relação ao diâmetro de espiga, permitindo a diferenciação das médias, sendo significativa ($P > 0,05$) em relação ao nível de alto P.

Os caracteres AP, AE e CE possuem relação com a produtividade de grãos. As diminuições de suas médias refletiram na redução da produtividade de grãos em baixo P. Em alto P as populações foram divididas em quatro grupos de médias. Pelo teste Scott-Knott (Tabela 2A), o grupo mais produtivo foi constituído de três genótipos,

com a produtividade variando entre 7713,33 kg ha⁻¹ e 6919,06 kg ha⁻¹, sendo a testemunha DKB 390 o híbrido mais produtivo, o grupo menos produtivo foi constituído também de três genótipos com produtividade de grãos variando entre 3581,20 a 2442,94 kg ha⁻¹. Na ausência da adubação de P₂O₅ as médias foram divididas em dois grupos, com médias variando entre 5897,38 e 4479,86 kg ha⁻¹ para o grupo mais produtivo e para o grupo de menor produtividade entre 4244,47 e 2764,54 kg ha⁻¹.

Na Tabela 4 encontra-se o resumo da análise de variância dos 21 híbridos experimentais produzidos a partir do cruzamento dialélo, sete progênies de meios-irmãos e 2 testemunhas avaliadas em Caarapó-MS, em ambientes com alto e baixo P. Houve diferença significativa ($P > 0,05$) para os dois níveis, nas características de florescimento feminino e masculino e para produtividade de grãos. Não houve diferenças entre as médias dos genótipos para altura de planta e espiga, intervalo de florescimento e diâmetro de espiga em alto P e para diâmetro de colmo e comprimento de espiga em baixo P.

A exemplo do que ocorreu em Dourados, os genótipos também tiveram redução no desenvolvimento de plantas, em Caarapó quando cultivadas sob estresse de fósforo. Nota-se diminuição nas médias, o comprimento de espigas foi reduzido para 2,29 cm e em altura de plantas e espiga a redução foi de 31,43 % e 14,40 %, respectivamente. No diâmetro de colmo e diâmetro de espiga, as reduções foram respectivamente de 3,26 mm e 4,77 mm.

TABELA 3. Resumo da análise de variância individual das características agrônômicas de 21 híbridos experimentais, 7 progênes de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P (Dourados-MS, 2016).

Alto P										
F.V	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
Bloco	2	323,33	11,46	11,57	4,01	0,83	1,43	0,05	0,76	1534069,48
Genótipos	29	881,58**	302,64**	13,19 ^{ns}	44,89**	40,85**	3,76*	15,35 ^{ns}	4,31 ^{ns}	3565159,67**
Erro	58	169,84	80,53	8,53	6,24	6,37	2,21	10,99	4,48	718471,49
CV%		6,59	9,87	11,01	3,13	3,25	68,68	7,00	11,55	16,28
Médias		197,71	90,91	26,53	79,72	77,56	2,16	47,33	18,32	5203,67
Baixo P										
F.V	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
Bloco	2	583,14	70,82	16,29	6,53	3,47	5,27	8,67	3,62	877931,74
Genótipos	29	508,87 ^{ns}	256,43**	8,85 ^{ns}	33,75**	31,14**	5,99*	14,70**	3,59 ^{ns}	2269468,48**
Erro	58	634,55	109,48	12,01	14,13	10,36	3,23	7,02	2,34	566767,69
CV%		13,32	12,71	10,95	4,51	4,03	50,24	6,22	9,55	18,32
Médias		189,02	82,28	23,27	83,26	79,68	3,57	42,56	16,03	4108,27

AE: altura de espiga (cm); AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro de colmo (mm); FF: florescimento feminino (dias); FM: florescimento masculino (dias); IF: intervalo de dias entre florescimento masculino e feminino; DE: diâmetro de espiga (mm); CE: comprimento de espiga (cm); PG: produtividade de grãos (kg ha⁻¹). **, *, ns: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo respectivamente pelo teste F.

A produtividade de grãos em Caarapó para baixo P foi de 2894,82 ha⁻¹ e alto P de 3537,72 kg ha⁻¹. Comparando as médias com os mesmos níveis de P no ensaio realizado em Dourados, observou menor produtividade em Caarapó. Provavelmente devido à área em Dourados ter sido irrigada. Foram realizadas quatro irrigações no mês de abril, em que praticamente não houve precipitações expressivas na região sul do Mato Grosso do Sul. Este período de seca pode ter influenciado nas menores produtividades obtidas em Caarapó, pois ocorreram em uma fase crítica para cultura do milho. Além disso, observa-se no Quadro 3 que na análise química do solo os níveis de fertilidade para fósforo foi menor em Caarapó.

Na literatura, são reportados aumentos na produtividade do milho irrigado, em relação ao regime de sequeiro, que variam de 20 a 300% (ANDRADE E ALBURQUERQUE, 2015). No processo de absorção dos nutrientes, a água é, provavelmente, o fator com maior influência, inclusive na absorção de fósforo, que ocorre por meio de difusão, processo dependente da umidade no solo, visto que a absorção de água e nutrientes ocorre, em geral ao mesmo tempo (MEURER, 2007). Diante disso, pode-se inferir que a absorção de nutrientes, inclusive de fósforo, em Dourados tenha sido maior que em Caarapó.

Os coeficientes de variação para a maioria dos caracteres nos dois níveis e locais ficaram próximos de valores considerados como de média magnitude, próximos a 15 %, indicando boa confiabilidade das estimativas. Observa-se, aumento de alguns valores de CV% quando submetidas ao estresse de fósforo, considerado normal, uma vez que, em condições de estresse abiótico, ocorre com frequência, redução na média dos caracteres, ocasionando valores de coeficiente de variação maiores quando comparados aos valores referentes a ambientes ideais (FRITSCH NETO et al., 2012).

No ambiente com estresse, o intervalo entre florescimento feminino e masculino (IF) foi maior para os dois locais. Segundo Parentoni et al. (2010), em condições de estresse as plantas de milho apresentam aumento para IF. O atraso do florescimento feminino em relação ao masculino prejudica a polinização e como consequência redução na produtividade. Resultados apresentados por diversos autores demonstram que um menor intervalo entre florescimentos feminino e masculino proporciona maior tolerância a estresses abióticos, acarretando maior produção de grãos (HERRERO et al., 1981; PARENTONI et al, 2008; STRUICK et al, 1989).

TABELA 4. Resumo da análise de variância individual das características agrônômicas de 21 híbridos experimentais, 7 progênes de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em ambiente com alto e baixo P (Caarapó-MS, 2016).

Alto P										
F.V	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
Bloco	2	429,47	38,40	4,19	0,83	2,47	0,47	6,07	2,76	324754,80
Genótipos	29	746,03 ^{ns}	208,14 ^{ns}	12,02*	31,27**	31,59**	0,68 ^{ns}	14,71 ^{ns}	3,21*	1228314,76**
Erro	58	501,09	191,50	6,72	4,55	5,00	0,54	13,01	1,73	192045,49
CV%		11,57	15,92	10,54	2,63	2,85	27,96	8,15	7,94	12,38
Médias		193,32	86,90	24,59	80,96	78,32	2,64	44,26	16,55	3537,72
Baixo P										
F.V	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
Bloco	2	1,24	148,34	10,25	34,54	11,54	6,34	1,82	0,29	33007,41
Genótipos	29	447,69**	275,15*	15,72 ^{ns}	33,20**	25,28**	3,29**	24,43*	2,99 ^{ns}	1088949,01**
Erro	58	99,06	150,48	12,59	6,13	5,71	1,13	13,87	4,96	490185,62
CV%		6,01	20,58	18,42	3,01	3,04	30,09	9,30	14,79	24,18
Médias		165,47	59,58	19,26	82,12	78,57	3,54	40,03	15,05	2894,82

AE: altura de espiga (cm); AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro de colmo (mm); FF: florescimento feminino (dias); FM: florescimento masculino (dias); IF: intervalo de dias entre florescimento masculino e feminino; DE: diâmetro de espiga (mm); CE: comprimento de espiga (cm); PG: produtividade de grãos (kg ha⁻¹). **, *, ns: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo respectivamente pelo teste F.

4.2.2. Análise Conjunta

Observou-se diferença significativa entre os níveis de P pelo teste F ($P < 0,01$), para os nove caracteres demonstrando que, as adubações fosfatadas foram suficientemente distintas para que se detectassem diferenças significativas entre eles (Tabela 5).

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para FF e FM, indicando diferença entre os genótipos para estas variáveis. Não houve diferença significativa ($P < 0,05$) para as demais variáveis entre os genótipos, visto que já passaram por um ciclo de seleção, indicando que os pais, os F1's e as testemunhas possuem características semelhantes.

Os genótipos para todas as características, exceto para altura de planta (AP), apresentaram médias semelhantes em baixo e em alto fósforo. Fato este que pode ser confirmado pela não significância da interação genótipos x nível de P. Esse é um indicio que as características possuem controle genético semelhante nos dois níveis de P avaliados. Interação não significativa entre genótipos de milho e doses de fósforo para produtividade de grãos foi encontrado em trabalho desenvolvido por Coimbra et al. (2014).

Os efeitos de locais foram significativos ($P < 0,01$) para as variáveis, exceto para aquelas relacionadas ao florescimento. Embora os locais de condução dos experimentos sejam relativamente próximos, os ambientes foram suficientemente distintos para que se detectassem diferenças significativas entre eles.

A interação local x nível de P foi significativo para altura de espiga, altura de planta, diâmetro de colmo, florescimento feminino, comprimento de espiga e produtividade de grãos. As médias desses caracteres foram alteradas em decorrer do local a dose de fósforo utilizada. Deste modo a utilização de ambientes formados pela combinação de locais e doses torna-se mais informativa, aumentando a eficiência de seleção de genótipos em ambientes contrastantes.

Para interação tripla G x N x L houve diferença significativa ($P < 0,05$) nas variáveis de AP, AE, FF, FM, IF e PG. A presença de interação genótipos por ambientes reforça a necessidade de avaliação em ambientes contrastantes, quando o objetivo é selecionar cultivares mais eficientes no uso de P. O principal caráter utilizado para seleção de genótipos eficientes é a produtividade de grãos, portanto a diferença

TABELA 5. Resumo da análise de variância conjunta das variáveis agrônômicas de 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em alto e baixo P, em Dourados-MS e Caarapó-MS, 2016.

F.V.	GL	QM								
		AP	AE	DC	FF	FM	IF	DE	CE	PG
(B/L)/N	8	334,30	67,25	10,58	11,48	4,58	3,38	4,15	1,86	692440,86
Genótipos (G)	29	525,71 ^{ns}	245,87 ^{ns}	10,15 ^{ns}	77,36*	67,17*	3,64 ^{ns}	15,99 ^{ns}	3,85 ^{ns}	2879932,45 ^{ns}
Níveis de P (N)	1	30048,66**	29057,49**	1654,21**	497,02**	127,21**	120,17**	1822,14**	322,32**	67987438,75**
Locais (L)	1	17556,10**	16049,37**	796,80**	0,22 ^{ns}	2,84 ^{ns}	4,44 ^{ns}	704,70**	170,37**	186546153,07**
G x N	29	454,14**	212,28 ^{ns}	10,03 ^{ns}	12,47 ^{ns}	14,48 ^{ns}	4,86 ^{ns}	17,78 ^{ns}	2,75 ^{ns}	1983658,21 ^{ns}
G x L	29	88,00**	376,32**	19,16**	32,64**	29,71**	2,15 ^{ns}	19,70*	3,55 ^{ns}	1681635,76**
N x L	1	8265,62**	7859,61**	96,41*	128,40*	78,4**	5,87 ^{ns}	6,64 ^{ns}	13,82*	4607252,28*
G x N x L	29	723,31**	207,990*	10,44 ^{ns}	20,64**	17,50**	3,09*	15,72 ^{ns}	3,95 ^{ns}	1606665,49**
Erro	232	351,14	133,00	8,58	7,76	6,86	1,78	11,22	3,38	491867,57
CV%		10,05	14,42	12,51	3,41	3,33	44,75	7,69	11,15	17,81
Média		186,38	79,92	23,41	81,51	78,53	2,98	43,55	16,49	3936,12

AE: altura de espiga (cm); AP: altura de planta (cm); DC: diâmetro de colmo (mm); FF: florescimento feminino (dias); FM: florescimento masculino (dias); IF: intervalo de dias entre florescimento masculino e feminino; DE: diâmetro de espiga (mm); CE: comprimento de espiga (cm); PG: produtividade de grãos (kg ha⁻¹). **, *, ns: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo respectivamente pelo teste F.

produtiva entre os genótipos deve ser levada em conta na interação entre as três fontes de variação (G x N x L), visto que em cada local existe uma série de fatores diferentes, inclusive a disponibilidade de fósforo para as plantas.

4.2.3. Análise Dialélica

Com a interação tripla significativa entre genótipos e ambientes (G x N x L), procedeu-se à análise do dialelo em cada local e nível de P, para produtividade de grãos (Tabela 5). A Tabela 6 mostra as análises dialélicas individuais e conjuntas, segundo Griffing (1956), modelo fixo, método 2, com os pais e os F1's. O efeito de tratamentos foi desdobrado em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Os efeitos da CGC foram significativos na análise individual para Dourados Alto e Baixo P e Caarapó Baixo P, indicando que os efeitos aditivos se revelaram importantes nesses locais e níveis, ou seja, diferiu-se entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo aqueles mais promissores para a formação de populações superiores.

Os efeitos da CEC não apresentaram significância somente em Caarapó Baixo P, indicando que efeitos não aditivos pouco contribuíram para produtividade, nesse ambiente. Neste ambiente os efeitos \hat{S}_{ij} das combinações híbridas não diferiram significativamente entre si, e seus desempenhos são explicados principalmente pelas médias dos parentais e pela CGC dos genitores envolvidos (NIHEI e FERREIRA, 2012). Nos demais locais a diferença significativa da CEC permite inferir que algumas combinações híbridas apresentam desempenho superior ou inferior ao esperado, com base na CGC dos genitores.

A seleção do valor genotípico é mais segura com avaliações em diferentes ambientes (RAMALHO et al., 2012). Mas o usual, na análise dialélica, é utilizar as médias de local (CRUZ, 2014). Diante disso, foi feita a análise dialélica conjunta (Tabela 6). Esta análise considera as interações ambientais e foi realizada com médias acumuladas nos locais em cada nível de P. Não houve efeitos significativos para os genótipos, isoladamente. Não se observa diferença entre efeitos das CGC e CEC. Para o efeito de locais (L) houve diferença significativa, indicando que os efeitos não aditivos e aditivos são diferentes entre os genótipos quando submetidos a diferentes níveis de adubação fosfatada.

TABELA 6. Quadrados médios das análises dialélicas individual e conjunta para produtividade de grãos (PG), em kg ha⁻¹, de milho cultivados em Dourados-MS e Caarapó-MS, em nível de alto e baixo P.

F.V.	GL	Dourados		Caarapó	
		Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P
Análise dialélica individual					
Genótipos	27	3027363,57**	2395114,88**	793186,33**	904640,10**
CGC	6	3418703,76**	2540505,55**	219344,48 ^{ns}	1918813,02*
CEC	21	2915552,09**	2353574,68**	957141,14**	614876,40 ^{ns}
Resíduo	54	741801,68	597658,19	201717,50	518184,01
Média		5087,74	4128,94	3431,71	2895,05
CV%		16,92	18,72	13,08	24,86
Análise dialélica conjunta					
		Alto P		Baixo P	
Genótipos	27	2090620,98 ^{ns}		1681779,01 ^{ns}	
CGC	6	1858288,03 ^{ns}		1215946,85 ^{ns}	
CEC	21	2157001,82 ^{ns}		1814873,92 ^{ns}	
Locais (L)	1	11518282,60**		63944293,58**	
Genótipo x L	27	1729928,93**		1617975,96**	
CGC x L	6	1779760,22**		3243371,72**	
CEC x L	21	1715691,41**		1153577,17**	
Resíduo	108	471759,60		557921,10	
Média		4259,72		3512,00	
CV%		16,12		21,26	

CGC: capacidade geral de combinação; CEC: capacidade específica de combinação. **, *, ns: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo respectivamente pelo teste F.

Como já mencionado anteriormente neste trabalho, é importante analisar a interação entre os genótipos e ambientes na seleção daqueles que se destacam como eficiente. Nota-se diferença significativa para os dois níveis na análise conjunta na interação G x A para os efeitos CEC e CGC. Na deficiência de P, o metabolismo da planta se altera afetando processos produtivos (MARSCHNER, 2011), conferindo adaptação diferenciada dos genótipos ao ambiente. Esta influência ambiental pode afetar a resposta heterótica e promover efeitos genéticos distintos nos dialelos. A manifestação heterótica, por sua vez, está relacionada ao grau de divergência genética e à frequência gênica (CRUZ e VENCOVSKY, 1989).

A significância do efeito da CGC x A para o caractere PG em ambos os níveis, indicam maior importância dos efeitos gênicos aditivos no controle do caráter, o que sugere o uso de métodos intrapopulacionais de melhoramento para ganhos futuros. Revelam também que as progênies não exibem o mesmo comportamento. Isto demonstra que contribuem de forma diferente na expressão dessas características nas doses de alto e baixo P.

A interação CEC x A apresentou efeito significativo, indicando que existe diferença na frequência de alelos favoráveis entre os F1's avaliados em ambientes de diferentes doses de fósforo. Médici (2005) e Guimarães (2006), que também trabalharam em ambientes contrastantes, com alta disponibilidade do nutriente, os efeitos genéticos aditivos apresentaram ligeiramente mais importantes que os efeitos genéticos não aditivos e, para ambientes com baixa disponibilidade do nutriente, os efeitos genéticos aditivos e não aditivos apresentam importâncias similares.

Na Tabela 7, são apresentadas as estimativas de capacidade geral e específica de combinação para produtividade de grãos em cada dose de fósforo e local, com as médias para cada nível, permitindo com base nos valores a seleção dos melhores genótipos.

Analisando os valores de \hat{G}_i para Alto P nos dois locais, as progênies que apresentaram melhores resultados foram a 128 em Dourados e a 225 em Caarapó. As duas também tiveram os maiores \hat{G}_i e médias dos dois locais neste nível, indicando que são progênies responsivas ao uso de P. A 225 foi a melhor dentre as progênies de meios-irmãos e a quarta melhor na média de produtividade de grãos em Alto P dentre todos os genótipos, com 5008,27 kg ha⁻¹ (Tabela 2A), ficando atrás apenas das testemunhas e um híbrido experimental.

Para baixo P as progênies que se destacaram foram a 225 e 205, em Caarapó e Dourados, respectivamente (Tabela 2A e Tabela 3A). As melhores médias nos dois locais foram para a 205 e 128. A primeira se destacou por obter produtividade média de 4453,18 kg ha⁻¹, sendo a terceira mais produtiva, resultado semelhante a etapa de avaliação de progênies de meios-irmãos que foi de 4485,27 kg ha⁻¹ (Tabela 1A), indicando que esta progênie possui uma boa eficiência no uso de fósforo. A progênie 128 apresentou alto valor de \hat{G}_i nos dois níveis, situação ideal para o melhoramento, por apresentar responsividade ao fornecimento de P e eficiência na condição de baixo fornecimento do nutriente no solo.

A concentração predominantemente genes aditivos é importante para aumentar o caráter, indicando que a progênie pode ser boa para cruzamentos e formação de compostos, podendo ser utilizada para o melhoramento intrapopulacional. O estudo da estimativa \hat{G}_i se torna necessário, pois a partir dos melhores valores é possível promover cruzamentos para obtenção de híbridos superiores, com aproveitamento da heterose e posteriormente o uso comercial de cultivares.

TABELA 7. Efeito da capacidade geral e específica de combinação para produtividade de grãos (PG) de milho, cultivados em Dourados-MS e Caarapó-MS, em nível de alto e baixo P.

Código	Genótipo	Alto P			Baixo P		
		Dourados	Caarapó	Média	Dourados	Caarapó	Média
Capacidade geral de combinação (\hat{G}_i)							
1	30	293,25	-88,33	102,46	70,37	62,95	66,67
2	128	476,30	90,80	283,55	239,18	83,92	161,55
3	232	-327,31	-11,16	-169,24	-530,68	241,05	-144,81
4	225	92,08	129,48	110,78	-211,36	243,48	16,06
5	233	-288,38	-54,77	-171,57	165,27	-533,65	-184,18
6	205	-452,98	39,88	-206,55	371,36	16,04	193,71
7	213	207,03	-105,90	50,56	-104,17	-113,82	-109,00
Capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij})							
8	H _{30x128}	-230,22	929,73	349,75	-1201,84	250,51	-475,66
9	H _{30x232}	-417,65	271,434	-73,11	-126,15	-297,54	-211,84
10	H _{225x30}	-60,12	276,25	108,06	619,02	234,00	426,52
11	H _{233x30}	-1511,41	-1536,11	-1523,76	-1523,97	-757,69	-1140,83
12	H _{205x30}	190,37	49,40	119,88	321,72	-534,72	-106,49
13	H _{213x30}	1581,62	-421,61	580,00	1083,73	948,91	1016,32
14	H _{232x128}	-903,22	-401,19	-652,21	173,49	-486,33	-156,42
15	H _{225x128}	285,98	-359,81	-36,91	-1178,81	-389,77	-784,29
16	H _{233x128}	354,12	162,89	258,51	535,95	-95,39	220,27
17	H _{205x128}	551,43	473,26	512,34	490,21	100,75	295,48
18	H _{213x128}	1147,97	-218,30	464,83	-699,83	28,83	-355,49
19	H _{225x232}	-1416,01	-318,06	-867,04	857,57	264,07	560,82
20	H _{233x232}	840,29	-383,41	228,44	-163,14	719,37	278,11
21	H _{205x232}	1749,92	-621,88	564,02	-274,28	399,55	62,63
22	H _{213x232}	-646,69	45,80	-300,44	41,26	-521,65	-240,19
23	H _{233x225}	272,64	-186,59	43,02	-479,65	74,54	-202,55
24	H _{205x225}	246,17	-365,13	-59,48	1608,42	35,69	822,06
25	H _{213x225}	-507,83	24,63	-241,60	-1048,86	491,88	-278,49
26	H _{205x233}	-1903,43	174,80	-864,31	-683,53	-91,37	-387,45
27	H _{213x233}	392,01	515,18	453,60	1107,507	232,62	670,06
28	H _{213x205}	-553,85	424,99	-64,42	-678,88	41,80	-318,54

As progênies 232 e 233 foram descritas como não responsivas e ineficientes no uso de P por apresentarem valores negativos de \hat{G}_i , indicando serem progênies não promissoras e que cruzamentos que as envolvam podem reduzir a produtividade de grãos.

Os híbridos que tiveram o maior e menor efeito médio \hat{S}_{ij} para a situação de alto e baixo P foram o H_{213x30} e H_{233x30}, respectivamente. Em alto P na semeadura os valores variaram de 580,00 até a -1523,76, enquanto que em baixo P, o efeito médio \hat{S}_{ij} variou de 1016,32 até -1140,83, sendo os menores valores para a combinação H_{233x30} e os maiores para H_{213x30}. Meirelles et al. (2016) obtiveram resultados positivos em

cruzamento de linhagens de milho que apresentaram maior valor de \hat{S}_{ij} tanto para alto quanto para o baixo nível de fósforo.

O cruzamento $H_{213 \times 30}$ apresentou maior efeito em ambos os níveis, o que o torna promissor. O efeito \hat{S}_{ij} desse cruzamento é a interpretação de que nesta combinação envolvendo progênes de \hat{G}_i alto e baixo, houve a complementação gênica, que se origina da diferença na frequência gênica entre os progenitores (divergência) e da presença de efeitos de dominância (RAMALHO et al., 2012), efeito dominante representado pela progênie 30, que no caso apresentou um valor de \hat{G}_i relativamente alto para os dois níveis de P.

Espera-se de uma progênie de alto efeito para CGC que participem de cruzamentos com alto efeito da CEC (CRUZ et al., 2012). Neste caso observa-se que a progênie 205 participa nos cruzamentos que obtiveram o segundo e terceiro maior valor de efeito da CEC, híbridos $H_{205 \times 232}$ e $H_{205 \times 128}$, respectivamente em alto P e em baixo P. O cruzamento $H_{205 \times 225}$, também envolvendo a progênie 205, apresentou um elevado valor de CEC. No cruzamento $H_{205 \times 128}$ em que as duas melhores progênes para baixo P participam, também nota-se um valor positivo para CEC.

4.2.4. Análise AMMI-Biplot para capacidade combinatória

Na Tabela 8 são apresentadas as divisões dos componentes principais, a divisão da soma dos quadrados da capacidade específica de combinação por decomposição do valor singular, proporção retida em cada componente principal e a porcentagem acumulada. Nas representações gráficas serão utilizados os três primeiros componentes principais, que são os que guardam em si quase toda a variação que as variáveis originais possuem.

Segundo Regazzi (2000) para aplicações em diversas áreas do conhecimento o número de componentes utilizados tem sido aquele que acumula 70% ou mais de proporção da variância total. Na Tabela 8, observa-se que a partir do terceiro componente principal para todas as situações em estudo, o valor acumulado ultrapassou 70%.

A análise AMMI biplot permite uma decomposição da soma de quadrados dos elementos da tabela (matriz) dialélica, a soma de quadrados para CEC, de maneira a captar uma porção sistemática e descartar um resíduo adicional ao erro do experimento

(DUARTE e PINTO, 2002). A parte sistemática é representada graficamente por meio do gráfico biplot, permitindo identificar as combinações de genitores com maior potencialidade para a produção de híbridos, bem como avaliar a divergência entre os parentais, em termos de CEC, sendo uma ferramenta importante, juntamente com a análise dialélica.

TABELA 8. Divisão da soma de quadrados da capacidade específica de combinação por decomposição do valor singular, proporção retida em cada componente principal e a porcentagem acumulada em uma análise AMMI para dialelo.

Dourados Alto P				Dourados Baixo P		
CP	Autovalor	Prop./CP	% Acumulada	Autovalor	Prop./CP	% Acumulada
1	11739440,46	0,302	30,27	12733037,14	0,407	40,72
2	8811165,14	0,227	53,00	8490170,40	0,271	67,87
3	7992158,06	0,206	73,61	5650898,14	0,180	85,95
4	7931791,86	0,204	94,06	4016794,24	0,128	98,79
5	1912325,02	0,049	99,00	306197,94	0,009	99,77
6	343673,66	0,008	99,88	52467,48	0,010	99,94
7	44076,50	0,001	100,00	17356,96	0,001	100,00
Total	38774630,70	1,00	-	31266922,30	1,00	-
Caarapó Alto P				Caarapó Baixo P		
CP	Autovalor	Prop./CP	% Acumulada	Autovalor	Prop./CP	% Acumulada
1	5778414,72	0,476	47,65	3573058,62	0,446	44,60
2	2936797,52	0,242	71,87	2966676,84	0,370	81,63
3	1713214,44	0,141	86,00	718251,60	0,089	90,59
4	924598,98	0,076	93,63	512101,40	0,063	96,99
5	657725,44	0,054	99,05	231290,74	0,028	99,87
6	111881,80	0,009	99,97	7865,64	0,001	99,97
7	2523,90	0,000	100,00	1926,70	0,000	100,00
Total	12125156,80	1,00	-	8011171,54	1,00	-
Alto P				Baixo P		
CP	Autovalor	Prop./CP	% Acumulada	Autovalor	Prop./CP	% Acumulada
1	5103080,03	0,376	37,62	3988911,35	0,332	33,27
2	3839682,05	0,283	65,94	3815456,19	0,318	65,10
3	2641451,81	0,194	85,42	1794609,58	0,149	80,06
4	1463287,19	0,107	96,21	1421456,10	0,118	91,92
5	370400,00	0,027	98,94	777617,68	0,064	98,41
6	140829,28	0,010	99,97	186556,74	0,156	99,96
7	2747,32	0,000	100,00	3652,70	0,000	100,00
Total	38774931,00	1,00	-	11988260,00	1,00	-

É importante ressaltar que por se tratarem de diferentes metodologias, a análise dialélica e gráfico AMMI-biplot para CEC pode gerar interpretações controversas. Principalmente em relação à distância dos pontos no plano cartesiano e os valores dos efeitos de \hat{S}_{ij} . Portanto, foram discutidos no presente trabalho apenas as combinações que apresentaram semelhança entre as duas metodologia, em relação à proximidade dos pontos e valores dos efeitos de \hat{S}_{ij} .

Na Figura 6, encontra-se a distribuição gráfica para Dourados nos dois níveis contrastantes. As progênes são identificadas como Fêmeas (F) e Machos (M), representados com o código de 1 a 7 em que cada valor corresponde a uma progênie de meios-irmãos, totalizando 14 pontos no gráfico. As melhores combinações híbridas são aquelas que se encontram mais próximas, considerando F e M nos eixos x, y e z.

Em Dourados Alto P, os pontos mais próximos estão representados pelas combinações F7/M3 ($H_{213 \times 30}$) e F2/M7 ($H_{213 \times 128}$), que tiveram os dois maiores valores \hat{S}_{ij} neste contraste, indicando que são híbridos promissores para característica do ambiente. A combinação F5/M6 ($H_{205 \times 233}$) apresentou a maior distancia entre os pontos, indicando que não foi uma boa combinação, com o valor de \hat{S}_{ij} de -1903,43 (Tabela 7), a menor para este local e nível.

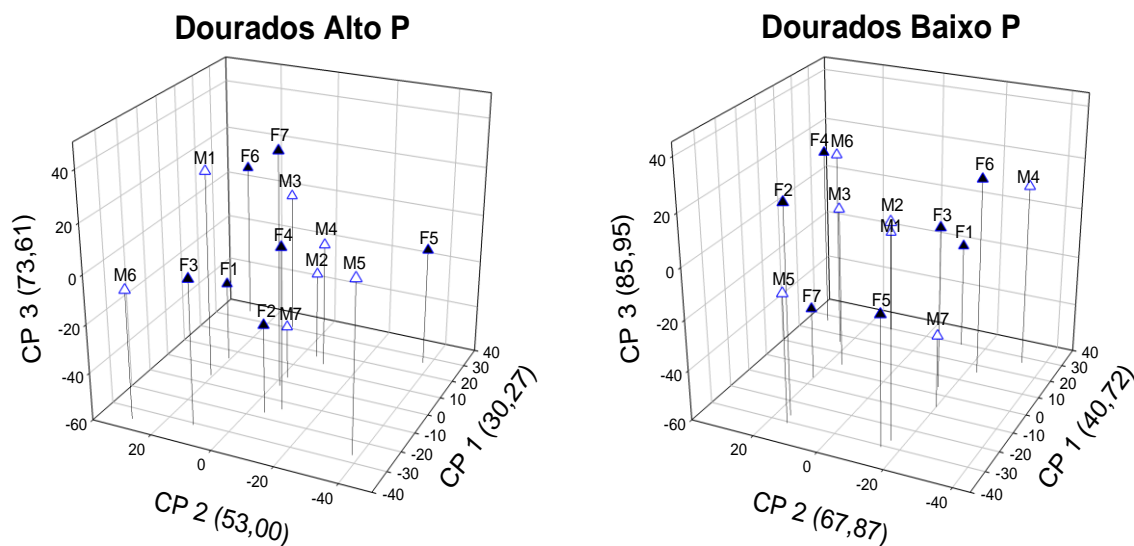


FIGURA 6. Biplot AMMI para capacidade específica de combinação (CEC) em milho para produtividade de grãos dos cruzamentos dialélicos em Dourados-MS, para alto e baixo nível de P. Os triângulos identificados como genótipos Fêmea (F) e Macho (M).

Em Dourados Baixo P as combinações F4/M6 ($H_{205 \times 225}$) foram as que mais se aproximaram. Este híbrido obteve produtividade de 5897,38 kg ha⁻¹ (Tabela 2A), que

foi a maior obtida em condição de baixo P considerando os dois locais. Seu valor de \hat{S}_{ij} foi 1608,42 (Tabela 7), também o maior valor dentre as combinações híbridas. Além deste híbrido, a combinação F7/M5 ($H_{213 \times 233}$) se destacou com valor de \hat{S}_{ij} maior que 1000. A pior combinação obtida foi a F1/M5 ($H_{225 \times 30}$), justificada pela disparidade entre os pontos.

Na Figura 7 são apresentados os pontos para Alto e Baixo P em Caarapó. No primeiro nível, observa-se que o cruzamento F1/M2 ($H_{30 \times 128}$) foi o de maior aproximação entre os pontos e o F5/M1 ($H_{233 \times 30}$) de maior distância, em que o maior e menor valor de \hat{S}_{ij} foi respectivamente de 929,73 e -1536,11 (Tabela 7). O híbrido $H_{30 \times 128}$ foi o mais produtivo, com média de 4363,92 kg ha⁻¹ (Tabela 3A) e o híbrido $H_{233 \times 30}$ de menor produtividade, com média de 1752,50 kg ha⁻¹, valor que é 49% menor em relação à média geral para Caarapó Alto P.

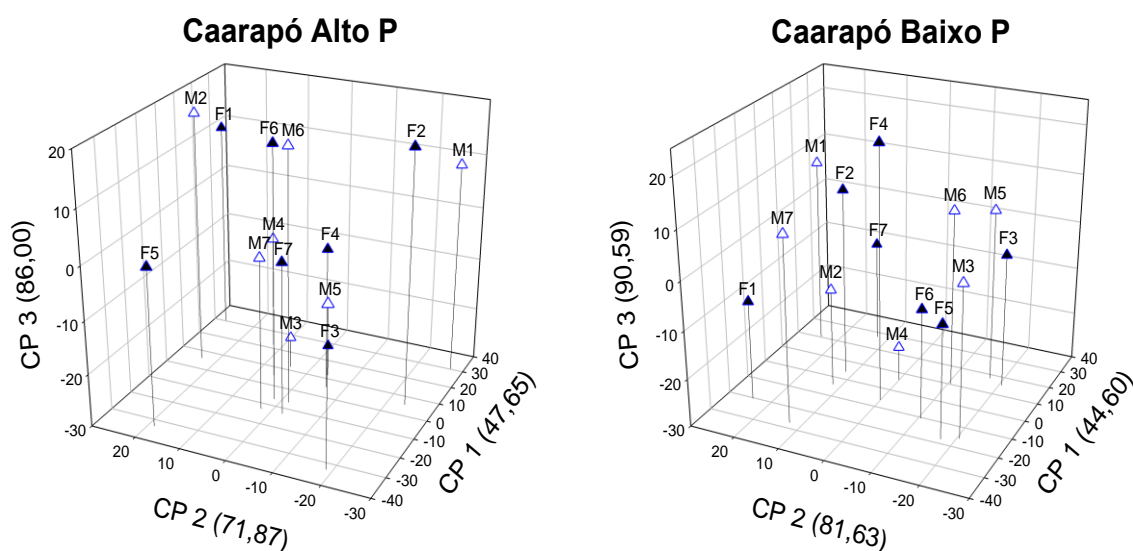


FIGURA 7. Biplot AMMI para capacidade específica de combinação (CEC) em milho para produtividade de grãos dos cruzamentos dialélicos em Caarapó-MS, para alto e baixo nível de P; Os triângulos identificados como genótipos Fêmea (F) e Macho (M).

Em Baixo P destacam-se as combinações F2/M1 ($H_{30 \times 128}$), F3/M5 ($H_{233 \times 232}$), F6/M3 ($H_{205 \times 232}$) e F1/M7 ($H_{213 \times 30}$), que apresentaram valores positivos para efeitos de CEC, apresentaram produtividades semelhantes, variando de 3793,10 a 3292,46 kg ha⁻¹, as maiores para o local e nível, sendo que a $H_{213 \times 30}$ ficou apenas atrás do híbrido BRS 1060, com diferença de 190,47 kg. Este híbrido altamente eficiente desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo (GUIMARÃES et al., 2009). A maior distancia observada no

gráfico foi entre os pontos F1/M5 ($H_{30 \times 233}$), esta combinação apresentou o menor valor de \hat{S}_{ij} e menor produtividade de grãos.

Na figura 9 foi feita a distribuição gráfica dos pontos considerando os níveis nos dois ambientes. Foram utilizados os valores de \hat{S}_{ij} médios na análise AMMI biplot. Em Alto P, observa-se proximidade entre os pontos nas combinações F2/M1 e F7/M1, híbridos $H_{30 \times 128}$ e $H_{213 \times 30}$, respectivamente. Estas combinações híbridas estão entre as mais produtivas, ou seja, apresentam maiores chances de apresentarem características semelhantes em um futuro cruzamento com as mesmas progênies. Os dois híbridos tiveram boas produtividades, ficando apenas atrás das testemunhas, da progénie 225 e da combinação $H_{213 \times 128}$.

Em baixo P destacam com maior estabilidade nos cruzamentos as combinações F4/M6 ($H_{205 \times 225}$) e F1/M7 ($H_{213 \times 30}$), que foram as melhores médias de produtividade para baixo P, de 4543,83 e 4486,00 kg ha⁻¹, respectivamente. Tanto em alto quanto em baixo nível de fósforo, observa-se que a combinação F1/M5($H_{233 \times 30}$) foi a pior, apresentando estimativas negativas de maior magnitude para efeitos de CEC em todos os locais e níveis estudados, promovendo baixa heterose, indicando que o cruzamento entre as progênies deste híbrido não foram favoráveis,

Geralmente baixas estimativas de heterose são promovidas quando participam do cruzamento progênies com alto grau de parentesco, resultando a depressão por endogamia quando cruzados. Porém neste caso a progénie 233 e 30 tiveram origem de variedades distintas, IPR 164 e Al Avaré, respectivamente, que não tiveram origem do mesmo material genético, porém apenas a divergência genética não é suficiente para assegurar elevados níveis de heterose (OLIBONI et al., 2012). A CEC se manifesta em função dos efeitos de dominância e epistasia e das diferenças nas frequências alélicas dos genitores para os locos envolvidos no controle de determinada característica (HALLAUER et al., 2010).

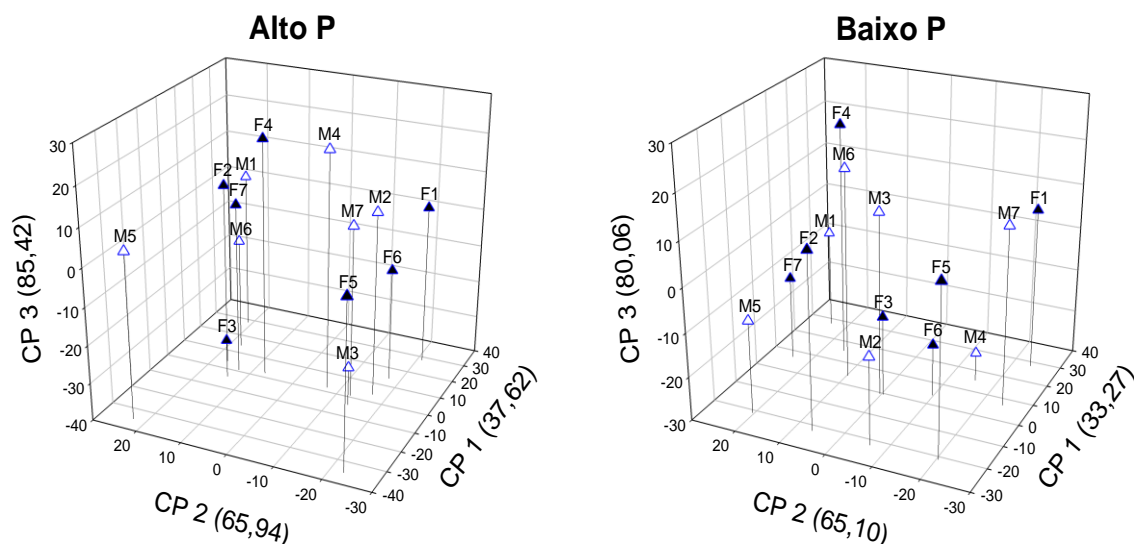


FIGURA 8. Biplot AMMI conjunta para capacidade específica de combinação (CEC) em milho para produtividade de grãos dos cruzamentos dialélicos em Caarapó-MS e Dourados-MS, para alto e baixo nível de P; Os triângulos identificados como genótipos Fêmea (F) e Macho (M).

Os resultados obtidos neste trabalho ressaltam a importância do dialelo e da interpretação pela visualização AMMI biplot, visto que selecionar genótipos com base nos efeitos de CGC e CEC é o melhor critério de seleção, pois expressam o real efeito genético. Para o melhoramento, esses efeitos genéticos são mais importantes que as médias fenotípicas e seus resultados vão além da simples detecção das melhores combinações híbridas (RESENDE e DUARTE, 2007). As médias fenotípicas expressam o fenótipo observado e são inflacionadas ou distorcidas pelo efeito ambiental, no caso os níveis contrastantes e locais, são ambientes heterogêneos em que as médias fenotípicas dificilmente se repetem.

4.2.5. Análise AMMI-Biplot para genótipos x ambientes

Os dados médios para produtividade de grãos foram submetidos a análise AMMI considerando os dois locais e níveis de fósforo, representados por quatro distintos ambientes. Na Tabela 9 esta apresentada a porcentagem da variação de cada componente principal em relação aos dados originais e a porcentagem acumulada. Houve diferença significativa ($p < 0,01$) para os quatro primeiros componente principal.

TABELA 9. Resumo da análise AMMI dos 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos de milho e 2 testemunhas, avaliadas em alto e baixo P, em Dourados-MS e Caarapó-MS, 2016.

		%	% Acumulada	G.L.	QM
AMMI ⁽¹⁾	CP1	47,6	47,6	31	1209995,8**
	CP2	27,0	74,6	29	733908,9**
	CP3	13,3	87,9	27	387934,0**
	CP4	12,1	100,0	35	380712,5**

⁽¹⁾ proporção da soma de quadrados da interação GxA acumulada em cada componente principal da análise AMMI. *, *, ns: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo respectivamente pelo teste F.

Utilizando os dois primeiros componentes principais, foi gerado o gráfico AMMI biplot para interação G x A (Figura 9). Para facilitar a visualização dos genótipos, os híbridos experimentais, às progênies de meios-irmãos e as testemunhas foram representadas em código de 1 a 30, valor correspondente a cada genótipo pode ser observado no Anexo 2A e 3A.

Visualizando os ambientes envolvidos no gráfico AMMI Biplot com os PC2 em contraste com PC1, é possível perceber que os ambientes Dourados Alto P e Dourados Baixo P foram bastante divergentes, devido o ângulo entre os vetores e os ambientes Caarapó Alto P e Caarapó Baixo P tiveram características semelhantes, isso pode ser explicado devido ao período de estiagem no mês de abril que atingiu a cultura em um período crítico de absorção de P, processo que depende de água no solo, portanto a falta de umidade pode ter induzido o comportamento semelhante dos genótipos nos dois ambientes.

Em termos de estabilidade podemos notar que os genótipos 11 (H_{233x30}), 10 (H_{225x30}), 23 (H_{233x225}) e 20 (H_{233x232}) são estáveis devido a sua proximidade à origem dos eixos de interação. Porém o genótipo 11 (H_{233x30}) apresentou as piores médias para os ambientes apesar de ser estável.

Os genótipos 3 (232), 25 (H_{213x225}) e 29 (BR 1060) são genótipos semelhantes e tem adaptação específica ao ambiente Caarapó Alto P. Os genótipos 18 (H_{213x128}) e 30 (DKB 390) para o ambiente Dourados Alto P.

Os genótipos 26 (H_{205x233}) e 19 (H_{225x232}) ficaram longe dos eixos e fora do polígono, indicando baixa estabilidade para os locais e níveis de P em estudo. Por sua vez, o genótipo 24 (H_{205x233}) tem adaptação específica para Dourados Baixo P, em Caarapó Baixo P ambiente de que apresentou menor média, nota-se pouca aproximação

dos genótipos, indicando que os cultivares de milho não teve uma boa adaptação ao ambiente.

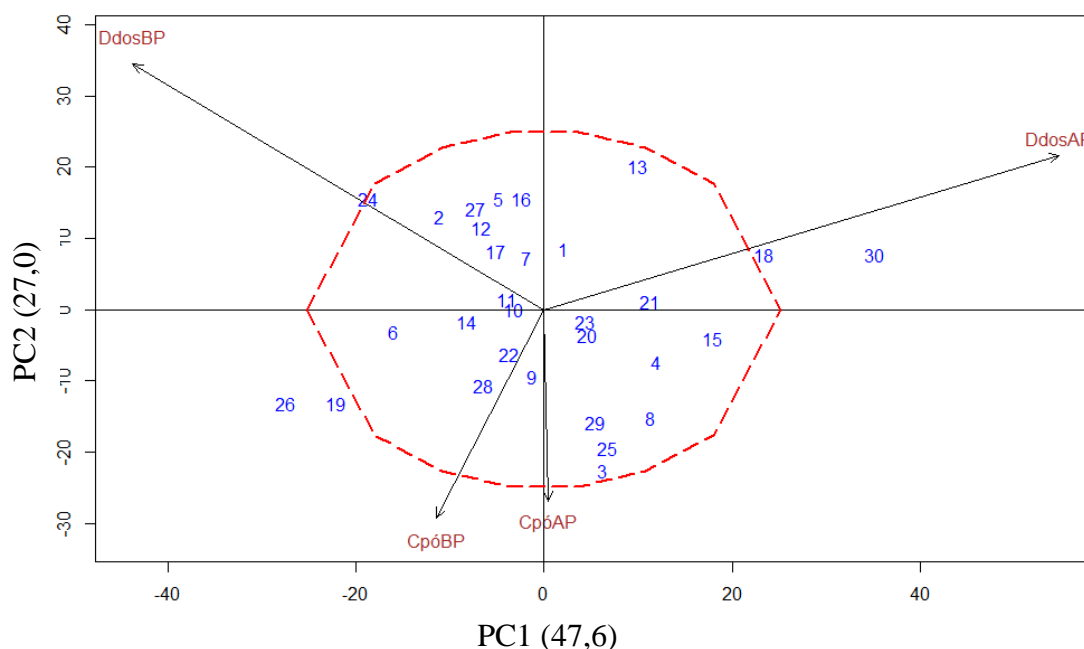


FIGURA 9. Biplot da análise AMMI de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) dos 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos e 2 testemunhas, avaliadas em alto e baixo P em Dourados-MS e Caarapó-MS, 2016.

Observa-se a formação de um polígono em linhas tracejadas em vermelho no gráfico, indicando que os genótipos que se encontram no interior possuem maior semelhança entre eles. Fora da linha nota-se a presença dos genótipos 18, 30, 26 e 19, indicando que estes se diferem dos demais genótipos. Proximos ao ambiente de Dourados Alto P, tem-se os genótipos 18 e 30, que são os híbridos $H_{213 \times 128}$ e DKB 390, respectivamente, apresentaram as maiores médias para alto nível de P. A testemunha DKB 390 é um híbrido simples muito cultivado no Brasil e possui altas produtividades quando empregado alto nível tecnológico, apresentando boa responsividade em que a adubação é manejada de forma adequada, como em Dourados-MS a condição ambiental foi a melhor, o híbrido se destacou apresentando maior produtividade.

Os genótipos 26 e 19, híbridos $H_{205 \times 233}$ e $H_{225 \times 232}$, respectivamente, apresentaram as menores médias para Alto P considerando os dois locais, indicando que não foram combinações responsivas a adubação fosfatada. Considerando o nível de Baixo P, somando as médias dos dois locais (Tabela 2A e 3A), os genótipos mais

produtivos foram o 24 (H_{205x225}) e 13 e (H_{213x30}), obtendo produtividade média para os dois locais de 4543,83 e 4486,00 kg ha⁻¹, respectivamente.

Estes híbridos tiveram produtividade média em Baixo P maiores e semelhante ao híbrido BRS 1060 (Tabela 2A e 3A), que foi desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo para uso em ambientes estressantes em P. O híbrido BRS 1060 apresentou produtividade média em Baixo P de 4060,34 kg ha⁻¹, a quinta melhor para este nível dentre os genótipos, produtividade superior e semelhante à obtida por Meirelles et al. (2016) em ambiente de baixo nível de fósforo no ano de 2012, que foi de 3468 kg ha⁻¹.

Apresentaram também boa estabilidade nos experimentos realizados em Dourados-MS. Os híbridos 24 e 13, obtiveram produtividade média para este local, considerando a média dos dois níveis de fósforo, de 5435,20 e 6174,28 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2A).

A variabilidade genética entre os cultivares de milho em relação aos ambientes pode ser explicada devido à mecanismos associados a capacidade de absorção e utilização do fósforo de cada genótipo. Dentre estes mecanismos podemos citar os mais importantes, absorção de P pelas plantas (arquitetura e características morfológicas do sistema radicular, eficiência dos mecanismos fisiológicos de absorção, modificações químicas na interface solo-raiz, mudanças bioquímicas sob deficiência, associação com micorrizas), translocação do P para a parte aérea, modelo de distribuição de P (intensidade de retranslocação e reutilização em condições de estresse, armazenamento e liberação de P do vacúolo) utilização do P no metabolismo e no crescimento (YAMADA, 2004). Porém é necessária a realização de experimentos específicos para obtenção de resultados mais conclusivos em que se pode inferir que tipo de mecanismo está atuando na eficiência de utilização de fósforo por parte destes genótipos.

O melhoramento genético buscando a seleção de genótipos eficientes é uma ciência que vem auxiliar o produtor rural no momento de escolha do melhor cultivar. Na região da grande Dourados boa parte do milho é cultivado na segunda safra, diante disso três importantes premissas foram fundamentais neste ano agrícola (segunda safra 20016) indicando que cultivares de milho eficiente podem ser utilizadas. A primeira seria que devido ao grande volume de chuvas no mês de fevereiro, a maioria dos agricultores teve a semeadura atrasada, após o período recomendado, aumentando o risco de perda da lavoura, sendo elas por geadas frequentes na região e diminuição no volume de chuvas.

A segunda premissa seria que devido a esse ao alto risco de cultivo, é viável pelo produtor rural reduzir os investimentos com insumos, sendo eles sementes e adubos. Custo de produção de sementes por meio de uma progênie de meio-irmão se torna menor em relação ao obtido por uma linhagem endogâmica e a utilização de cultivares eficiente pode reduzir a adubação fosfata.

A terceira e ultima premissa seria visando à sustentabilidade já que a matéria prima para produção de adubos fosfatados não são renováveis e aos poucos está se exaurindo, por natureza os solos do cerrado possuem baixa fertilidade, inclusive de fósforo, por isso a demanda se torna muito grande, com intuito de diminuir a demanda se torna favorável à utilização de genótipos eficientes.

5. CONCLUSÕES

- A variedade Al Avaré apresenta bom potencial para a extração de progênies de meios-irmãos visando obtenção de híbridos eficientes no uso de fósforo.
- As progênies de meios irmãos 30 e 205 apresentam boa estabilidade e potencial para serem utilizadas no programa de melhoramento visando à obtenção de genótipos eficientes e responsivos no uso de fósforo.
- O híbrido H_{213x30} respondeu a adubação fosfatada e foi eficiente na utilização em condições estressantes podendo ser selecionado para o cultivo tanto em áreas de baixo quanto em alto nível de P, na região da grande Dourados-MS.

6. PERSPECTIVAS FUTURAS

O trabalho indicou que é possível selecionar genótipos EUP, visando à economia e sustentabilidade no uso de adubos fosfatados. Com base nesses genótipos selecionados é possível a realização de programas de melhoramento genético e a partir de ciclos de seleção recorrente, obter variedades de polinização aberta eficientes no uso de fósforo.

Com base nos resultados obtidos, sugere-se em experimentos futuros obter estimativas da heterose e realizar predição de híbridos duplos e híbridos triplos. Avaliar caracteres como comprimento radicular e análise foliar para teor de fósforo ao invés de IF, CE e DE.

Obtendo cultivares eficientes de baixo custo no mercado, difundir informações a produtores rurais, de média a baixa renda, com intuito de reduzir os custos de produção. Tanto na aquisição de sementes mais baratas quanto na redução dos custos com adubos a base de P.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO (2016). Disponível em: <<http://www.abimilho.com.br>>. Acesso em: 20 de Julho, 2016.

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: USAID/ Edgard Blucher, 381p. 1971.

ALVARES V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. (Ed). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 359 p. 1999.

ALVES, V.M.C.; PARENTONI, S.N.; VASCONCELOS, C. A.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, C.C.M. Cinética de absorção de fósforo e caracterização morfológica do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência a fosforo. In: Fósforo na Agricultura brasileira. **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**. (2004).

ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A.; FREIRE, F.M.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, G.E.; FILHO, A.R. ARAÚJO, J.M.; VIEIRA, J.R.; LOUREIRO, J.E. Recomendação de adubação para a cultura do milho. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. (Ed). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa, MG: comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 359 p. 1999.

ANDRADE, C.L.T; ALBURQUERQUE, P.E.P. Manejo da irrigação. In: **Milho do plantio a colheita**, Editora UFV, Viçosa, p.179, 2015.

ARAÚJO, P. A. **Avaliação de famílias de meio irmão de milho em diferentes espaçamentos entre linhas**. 2002. 57 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ARCE, H. **Adaptabilidade e estabilidade de variedades de milho na região central do Brasil**. 2014. 58 p. Tese de Doutorado – Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados.

BERTOIA, L.; LOPEZ, C.; BURAK, R. Biplot analysis of forage combining ability in maize landraces. **Crop Science Society of America**, v. 46, p. 1346–1353, 2006.

BIGNOTTO, E. A.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E. Efeito da seleção gamética no desempenho do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.82-89, 2003.

BLUM, A. Breeding crop varetis for stress environments. CRC Crit. **Plant Science**, v.2 p. 199-238, 1985.

BOČANSKI, J.; NASTASIĆ, A.; STANISAVLJEVIĆ, D.; SREĆKOV, Z., ;ITROVIĆ, B., TRESKIĆ, S.; VUKOSAVLJEV, M. Biplot analysis of diallel crosses of NS maize inbred lines. **Genetica**, v.43, n.2, p.277-284, 2011.

BOSSE, D.; KOCK, M. Influence of phosphate starvation on phosphohydrolases during development of tomato seedlings. **Plant Cell Environ.** ed. 21, p.325-332, 1998.

BULL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: Cultura do milho, fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

CATI – DSMM. **Evolução das cultivares de milho variedade “Al” produzidas pela CATI**. 2010. Artigo disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos>> Acesso em: 13 de julho, 2016.

COELHO, A.M.; ALVES, V.M.C. Adubação fosfatada na cultura do milho. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, POTAFOS, p.243-283, 2004.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho**. Nutrição e adubação. Piracicaba, São Paulo: POTAFOS, (Arquivo do agrônomo, n.2) 1995.

COIMBRA, R.R.; FRITSCH NETO, R.; COIMBRA, D.B.; NAOE, L.K.; CARDOSO, E.A.; RAONI, D.; MIRANDA, G.V. Relationship between maize tolerance to low phosphorus content in the soil and the phosphorus responsiveness. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 2, 2014.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. 8ª ed. Brasília: Conab, 2016, Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>, Acesso em: 20 de Junho, 2016.

CORREIA, J.R.; REATTO, A.; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª Ed. Brasília: Embrapa, p. 29-58, 2004.

CRUZ, C. D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de Plantas**. 1990. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.1, 4.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 514 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. v.2, 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 668 p., 2014.

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

DO VALE, J.C.; FRITSCH NETO, R. Genetic control of traits associated with phosphorus use efficiency in maize by REML/BLUP. **Revista Ciência Agronômica**, ed.44, p. 554-563, 2013.

DUARTE, J.B.; PINTO, R.M.C.; Biplot AMMI graphic representation of specific combining ability. **Brazilian Society of Plant Breeding**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v. 2, n. 2, p. 161-170, 2002.

DUARTE, J.B.; VENCOSKY, R. Interação genótipo x ambientes: uma introdução a análise AMMI. Ribeirão Preto: **Sociedade Brasileira de Genética**, 1999. (Série Monografias, 9).

FAGERIA, N.D.; KLUTHCOUSKI, J. **Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo**. Brasília: Embrapa-CNPAP, 1980.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. **Screening crop genotypes for mineral stress**. In: WORKSHOP ON ADAPTATION OF PLANTS TO SOIL STRESS. Lincoln. Proceedings... Lincoln: University of Nebraska, p. 92, 1993.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Livroceres: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2ª Edição, 2008, 360 p.

FANCELLI, A.L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. In: **Milho do plantio a colheita**, Editora UFV, Viçosa, p.51, 2015.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils: an isotopic outlook. **Fertility Research**, v.45, p.91-100, 1996.

FARSHADFAR, E.; HASHEMINASAB, H.; YAGHOTIPOOR, A. Estimation of combining ability and gene action for improvement drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using GGE biplot techniques. **Journal of Agricultural Science**, v. 4, n. 9, p. 1, 2012.

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.

FIDÉLIS, R.R.; AFFERRI, F.S., PELUZIO, J.M., dos SANTOS, G.R.; LEMUS, E.A.E. Classificação de populações de milho quanto a eficiência e resposta ao uso de fósforo em solos naturais de cerrado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 39-45, July/Sept. 2008.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal, Funep, 273p. 1992.

FREITAS JÚNIOR, S.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; CRUZ, C.D.; SCAPIM, C.A. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, ed. 41, p. 1599-1607, 2006.

FRITSCH NETO, R.; BORÉM, A. **Plant breeding for abiotic stress tolerance**. Springer. Heidelberg. 183p. 2012.

FRITSCH NETO, R.; MIRANDA, G.V.; De LIMA, R.O.; SOUZA, L.V.; SILVA, J. Herança de caracteres associados à eficiência de utilização do fósforo em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, ed. 45, p. 465-471, 2010.

FRITSCH NETO, R.; VIEIRA, R.A.; SCAPIM, C. A.; MIRANDA, G.V.; REZENDE, L.M. 2012. Updating the ranking of the coeficientes of variation from maize experiments. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.34, p.99-101.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p.691-699, 2007.

GAUCH, H. G., and ZOBEL, R. W. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. *Theor. Theoretical and Applied Genetics*. 76: 1–10, 1988.

GAUCH, H.G. **Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs**, Amsterdam, Elsevier, 1992.

GAUCH, H.G.; PIEPHO, H.P.; ANNICCHIARICO, P. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. **Crop Science Society of America**, v.48, n.3, p.866-889, 2008.

GEORGE, T.S.; TURNER, B.L.; GREGORY, P.J.; CADE-MENUN, B.J.; RICHARDSON, A. E. Depletion of organic phosphorus from Oxisols in relation to phosphatase activities in the rhizosphere. **European Journal of Soil Science**, v.57, n.1, p.47-57, 2006.

GONÇALVES, M.C.; FRITSCH NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas: com exemplos numéricos e de programação no SAS®**. Suprema, Visconde do Rio Branco, Brasil. 282 p., 2012.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.95, p.1-16, 2001.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, p. 463-493, 1956.

GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.J.; SANTOS, G.A.; FERNANDES, M.S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 31: p.291-299, 1996.

GUIMARÃES, L.J.M. **Caracterização de genótipos de milho desenvolvidos sob estresse de nitrogênio e herança da eficiência de uso deste nutriente**. 2006. 110 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GUIMARAES, P. D. O.; PARENTONI, S.; MEIRELLES, W.; PACHECO, C.; da SILVA, A. R.; GUIMARAES, L.; COTA, L. BRS 1060: híbrido simples de milho. **Embrapa Milho e Sorgo**. Comunicado Técnico. Sete Lagoas, v.169, 2009.

HALLAUER, A.R.; CARENA, M.J.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**, New York: Springer, 680 p., 2010.

HERRERO, M.P.; JOHNSON, R.R. Drought stress and its effects on maize reproductive systems. **Crop Science**, Madison, v. 21, n. 1, p. 105-110, Feb. 1981.

HYLAND, C.; KETTERINGS, Q.; DEWING, D.; STOCKIN, K.; CZYMMEK, K.; ALBRECHT, G.; GEOHRING, L. Phosphorus basics: the phosphorus cycle. **Agronomy Fact Sheet Series**, n. 12, p.2 2005.

LARSEN, S. Soil phosphorus. **Advances in Agronomy**, v.19, p.151-210, 1967.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Principios de bioquímica. **São Paulo: Sarvier Editora**, v.2, p.118-146, 1995.

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.; VON DER WEID, J. M. Milho crioulo: conservação e uso da biodiversidade. Rio de Janeiro: ASPTA, 1998a. p. 93-106.

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. 5, n. 1, p. 109-124, 1999.

MACHADO, R.A.F. **Linhagens de milho contrastantes para tolerância à seca e eficiência de utilização de nitrogênio**. 2003. 101 p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, SP.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição de plantas. **São Paulo: Agronômica Ceres**, p.638, 2006.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho>>. Acesso em: 20 de Julho, 2016.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. London: Academic Press, 2011. 650p.

MEDICI, L.O.; PEREIRA, M.B.; LEA, P.J.; AZEVEDO, R.A. Identification of maize lines with contrasting responses to applied nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 28, n.5, p. 903-915, 2005.

MEIRELLES, W.F.; PARENTONI, S.N.; GUIMARÃES, L.J.M.; OLIVEIRA GUIMARÃES, P.E.; PACHECO, C.A.P., OLIVEIRA, A.C.,... E SCAPIM, C.A. Análise dialética de linhagens de milho quanto à responsividade ao fósforo e à sua eficiência de uso. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 51, n.3, p.224-232, Mar. 2016.

MENDES, F.F. **Controle genético da eficiência no uso de fósforo em milho tropical**. 2012. 134 p. Tese de Doutorado – Curso de Pós-graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Lavras.

MENGEL, K.; KIRBY, E. A.; MELGAR, R. J. **Principios de nutrición vegetal**, Basel, v. 4, 692 p. 1987.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. **Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 65-90, 2007.

MIRANDA FILHO, J.B. de. **Avaliação de híbridos intervarietais de milho no esquema de cruzamento dialélico parcial**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 5., Maceió. Anais... Brasília: EMBRAPA-DDT, p.195-201, 1986.

MIRANDA FILHO, J.B.; GORGULHO, E.P. Cruzamentos com testadores e dialélos. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. (eds.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 649-671, 2001.

MÔRO, G.V.; FRITSCH NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. **Milho: do plantio à colheita**, v. 1, p. 9-25, 2015.

MURREL, T.S.; FIXEN, P.E. Improving fertilizer P effectiveness: challenges for the future. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHOSPHORUS DYNAMICS IN THE SOIL-PLANT CONTINUUM, 3., 2006, Uberlândia. **Proceedings...** Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2006. P. 150-151.

NIHEI, T.H.; FERREIRA, J.M. Análise dialélica de linhagens de milho com ênfase na resistência a doenças foliares. **Pesquisa agropecuária brasileira**, ed.47, p. 369-377, 2012.

NOVAIS FILHO, G.; SMITH, T.J. Fósforo em solo e plantas em condições tropicais. **Viçosa: UFV**, p. 359, 1999.

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; RESENDE, J. T. V. Genetic divergence among maize hybrids and correlations with heterosis and combining ability. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 34, n. 1, p. 37-44, 2012.

OLIVEIRA, A.C.; MORAIS, A.R.; SOUZA JUNIOR, C.L.; GAMA, E.E.G. Análise de cruzamentos dialélicos parciais repetidos em vários ambientes. **Brazilian Journal of Genetics**, ed. 10, p. 517-533, 1987.

OLIVEIRA, C.A.; GOMES, E.A.; MARRIEL, I.E. ; GUIMARÃES, C.T.; SCHAFFERT, R.E.; LANA, U.G.; ALVES, V.M. (2009). Análise da Diversidade Micorrízica na Rizosfera de Genótipos de Milho (*Zea mays* L.) Contrastantes Para Eficiência no Uso de P Utilizando Eletroforese em Gel de Gradiente. **Embrapa Milho e Sorgo**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, p. 1-6. (Circular técnica, 76) 2006.

PARENTONI, S.N.; MENDES, F.F.; GUIMARÃES, L.J.M. Melhoramento para eficiência no uso de P. In: FRISTSCH NETO, BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de**

plantas para condições de estresse abióticos. Visconde do Rio Branco: Suprema, p. 250-255, 2011.

PARENTONI, S.N.; SOUZA JÚNIOR, C.L. ALVES, V.M.C.; GAMA, E.E.G.; COELHO, A.M.; OLIVEIRA, A.C.; GUIMARÃES, P.E.O.; GUIMARÃES, C.T.; VASCONCELOS, M.J.V.; PATTO PACHECO, C.A.; MEIRELLES, W.F.; MAGALHÃES, J.V.; MOREIRA GUIMARÃES, L.J.; SILVA, A.R.; FERREIRA MENDES, F.; SCHAFFERT, R.E. Inheritance and breeding strategies for phosphorus efficiency in tropical maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 55, n. 1-15, 2010.

PARENTONI, S.N.; SOUZA JÚNIOR, C.L. Phosphorus acquisition and internal utilization efficiency in tropical maize genotypes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.7, p.893-901, jul. 2008.

PARENTONI, S.N.; VASCONCELOS, C.A.; ALVES, V.M.C.; PACHECO, C.A.P.; SANTOS, M.X., GAMA, E.E.G., MEIRELLES, W.F.; CORREA, L.A.; PITTA, G.V.E.; BAHIA FILHO, A.F.C. Eficiência na utilização de fósforo em genótipos de milho. In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. 2000. p. 2000.

PATERNIANI, E. Cruzamentos intervarietais de milho. **Relatório Científico do Departamento de Genética**, Piracicaba, v.1, p.49-50, 1967.

PIMENTEL GOMES, F. Aspectos econômicos do uso de fertilizantes. In: **Manual de Adubação**. ANDA. São Paulo, p.211-225, 1971.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**, 15ª Piracicaba: FEALQ, 2009, 451p.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C.H. Experimentos em látex: planejamento e análise por meios de pacotes estatísticos, **Séries técnica IPEF**, Piracicaba, v.7, ed.23 p. 1-69, dez,1991.

PINTO, R.J.B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. Maringá: UEM, 2009. 351p.

PLAXTON, W.C.; CARSWELL, M.C. **Metabolic aspects of phosphate starvation in plants**. In Plant Responses to Environmental Stresses: From Phytohormones to Genome Reorganization. Lerner HR ed, Marcel Dekker Inc, NY, p. 349-372, 1999.

PRADO, W.S. **Seleção recorrente intrapopulacional em progênes de meios-irmãos de milho em condições contrastantes de nitrogênio**. 2016. 71 p. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal da Grande Dourados.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2008.

RAIJ, V.B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, POTAFOS, 343 p. 1991.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.D.F.; SANTOS, J.D.; NUNES, J.A.R. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. **Lavras: Editora UFPA**. ed.1, p. 522, 2012.

RASTOGI, A.; MISHRA, B. K.; SRIVASTAVA, M., SIDDIQUI, A.; SHUKLA, S. Biplot approach for identification of heterotic crosses in linseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Botany**, v.2011, 2011.

RAUSCH, C.; BUCHER, M. **Molecular mechanisms of phosphate transport in plants**. *Planta*, Berlin, v. 216, n. 1, p. 23-37, Jan. 2002.

REGAZZI, A.J. Análise multivariada, notas de aula INF 766, **Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa**, v.2, 2000.

REGAZZI, A.J; SILVA, H.D; VIANA, J.M.S; CRUZ, C.D. Análises de experimentos em látice quadrado com ênfase em componente de variância, II, Análise Conjunta, **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v,34, n,11, p,1987-1997, nov, 1999.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, p.182-194, 2007.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.151-160, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, p.576-586, 2008.

RICHETTI, A.; FLUMIGNAN, D. L.; ALMEIDA, A. C. S. **Viabilidade econômica da cultura do milho safrinha, 2016, em Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 13 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 207). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca>>. Acesso em: 25 Jul. 2016.

ROLIM NETO, F.C., SCHAEFER, C.E.G.R., COSTA, L.M., CORRÊA, M.M., FERNANDES FILHO, E.I., IBRAIMO, M.M. Phosphorus adsorption, specific surface, and mineralogical attributes of soils developed from volcanic rocks from the Upper Paraíba, MG (Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.953-964, 2004.

SANTOS, D.R.; CASSOL, P.C.; KAMINSKI, J.; ANGHINONI, I. **Fósforo orgânico do solo**. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais. 2ª ed. Metrópole, Porto Alegre, p.65-82, 2008.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004.

SCAPIM, C.A.; PINTO, R.J.B.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; MORA, F.; DANDOLINI, T.S. Combining ability of white grain popcorn populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 6:136-143, 2006.

SILVA, A. R. **Análise genética de caracteres quantitativos em milho com o delineamento III e marcadores moleculares**. 2002. 143 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

SILVA, A.M. Interação genótipo x ambiente e estabilidade fenotípica de cana-de-açúcar em ciclo de cana de ano. **Revista Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.109-117, 2008.

SILVA, H. D; REGAZZI, A. J; CRUZ, C. D; VIANA, J. M. S. Análises de experimentos em látice quadrado com ênfase em componentes de variância, I, Análise Individual, **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v,34, n,10, p,1811-1822, out, 1999.

SILVA, R.M.; MIRANDA FILHO, J.B. de. Heterosis expression in crosses between maize populations: ear yield. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 3, p. 519-524, 2003.

SILVA, V.M.P.; CARNEIRO, P.C.S.; MENEZES JÚNIOR, J.A.N.; CARNEIRO, V.Q.; CARNEIRO, J.E.S.; CRUZ, C.D.; BORÉM, A. Genetic potential of common bean Parents for plant architecture improvement. **Scientia Agricola**, ed. 70, p.167-175, 2013.

SINGH, R.K.; CHAUDHARY, B.D. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. **Biometrical methods in quantitative genetic analysis**, 1979.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 147-168.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO E. Adubação fosfatada em solos da região do cerrado. In: YAMADA, T. E ABDALLA, S.R.S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, p. 157-200, 2004.

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

STANFORD, N.P.; SANTOS, P.R.; MOURA, A.M.M.F.; SANTOS, C.E.R.S; FREITAS, A.D.S. Biofertilizers with natural phosphate, sulphur and Acidithiobacillus in a soil with with low available-P. **Scientia Agricola**, v. 60 p. 767-773, 2003.

STRUICK, P.C.; DOORGEEST, M.; BOONMAN, J.G. Environmental effects on flowering characteristics and kernel set of maize (*Zea mays* L.). **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 34, n. 4, p. 469-484, 1989.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, p. 918, 2013.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D.; HAVLIN, J.L. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan, p.634, 1993.

USDA. UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE. **Agricultural Statistics**. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: Jul. 2016.

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

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Contribuição do melhoramento genético de plantas no Brasil. **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 57-98, 2000.

VERGÜTZ, L.; NOVAIS, R. F. Recomendação de corretivos e adubação. In: **Milho: do plantio a colheita**. Editora UFV, Viçosa, p.108-136, 2015.

WANG, E., BELL, M., LUO, Z., MOODY, P., PROBERT, M.E. Modelling crop response to phosphorus inputs and phosphorus use efficiency in a crop rotation. **Field Crops Research**, v.155, p.120-132, 2014.

WU, P.; M.A.; L.; HOU, X.; WANG, M.; WU, Y.; LIU, F.; DENG X.W. Phosphate starvation triggers distinct alterations of genome expression in Arabidopsis roots and leaves. **Plant Physiol.** ed.132, p.1260-1271, 2003.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 726 p. 2004.

YAN, W. GGE Biplot vs. AMMI Graphs for Genotype-by-Environment Data Analysis. **Journal of the India Society of Agricultural Statistics**, v.65, n.2, p.181-193, 2011.

YAN, W.; HUNT, L.A. Biplot analysis of diallel data. **Crop Sci.**, v. 42, p. 21-30, 2002.

ZOBEL R.W.; WRIGHT M.J.; GAUCH H.G., 1988. **Statistical analysis of a yield trial**. *Agron J.* v.80, p. 388–393, 1988.

ANEXOS

TABELA 1A. Médias para produtividade de grãos, altura de espiga, altura de plantas, florescimento feminino e masculino, estimativas da eficiência no uso de fósforo e a classificação das 250 PMI e 6 testemunhas em ambiente com alto e baixo P (Dourados-MS, 2015).

Genótipos	Alto P					Baixo P					EUP	Classificação
	PG	AE	AP	FF	FM	PG	AE	AP	FF	FM		
1	4160,92 D	116,5 C	242,5 A	78,5 B	75,5 B	2758,63 C	62 B	175 A	82,5 C	79,5 C	14,02	NENR
2	4597,70 D	140,5 A	253 A	81,5 A	79,5 A	3310,34 B	51,5 C	146 B	82 C	79 C	12,87	ENR
3	4068,96 D	121,5 B	257 A	82 A	80 A	3869,73 A	77,5 A	180,5 A	82,5 C	79,5 C	1,99	ENR
4	5126,43 C	115,5 C	235 B	80 B	77 B	2931,03 B	68 A	176,5 A	84 B	80 C	21,95	ER
5	4202,75 D	111,5 C	234,5 B	80,5 A	77,5 B	2720,30 C	75 A	159 A	84,5 B	81,5 B	14,82	NENR
6	3653,09 E	93,5 D	214 C	80,5 A	77,5 B	2892,72 B	55 C	133,5 C	84 B	80,5 C	7,60	NENR
7	3801,52 E	135 A	248,5 A	80 B	77,5 B	3045,97 B	70,5 A	126 C	84 B	81 B	7,56	ENR
8	4348,66 D	85 D	210 C	81,5 A	79 A	3885,06 A	52,5 C	165,5 A	81,5 C	79 C	4,64	ENR
9	3677,46 E	82,5 D	191 C	76 B	74,5 B	3256,70 B	48 C	155 A	81,5 C	77,5 D	4,21	ENR
10	4137,93 D	98 C	208,5 C	81 A	79,5 A	1858,24 D	55 C	168,5 A	86 A	82,5 B	22,80	NER
11	4735,63 C	105 C	201 C	82 A	79 A	4054,50 A	77,5 A	165 A	87 A	83 B	6,81	ENR
12	3770,11 E	108 C	217 B	81 A	78,5 A	3409,96 B	61 B	155 A	88 A	85 A	3,60	ENR
13	4436,78 D	102,5 C	231 B	83 A	80 A	2701,15 C	57,5 B	134 C	88,5 A	85 A	17,36	NENR
14	3241,38 F	102,5 C	231 B	82 A	79,5 A	2509,58 C	63 B	163,5 A	88 A	83,5 A	7,32	NENR
15	3589,08 E	115 C	231 B	79,5 B	77,5 B	2528,73 C	50 C	138,5 B	88,5 A	85 A	10,60	NENR
16	4551,72 D	118,5 B	256 A	79,5 B	76,5 B	3103,44 B	76 A	184 A	86,5 A	82,5 B	14,48	ENR
17	3296,00 E	75 D	182,5 C	84,2 A	81 A	2432,95 C	48,5 C	176,5 A	84,5 B	80,5 C	8,63	NENR
18	4233,71 D	82,5 D	209,5 C	83 A	73,5 B	3606,00 A	60,5 B	150,5 B	83 C	79,5 C	6,28	ENR
19	4054,38 D	122,5 B	234,5 B	76 B	75 B	2011,49 D	66 B	163 A	82 C	78 D	20,43	NER
20	3398,66 E	89,5 D	198,5 C	77 B	76,5 B	1724,13 D	50 C	117,5 C	83,5 C	80,5 C	16,75	NENR
21	5271,12 C	125 B	264 A	79 B	77 B	2835,25 B	61 B	157,5 A	84,5 B	82 B	24,36	NER

Continua...

22	3191,86 F	97 D	225 B	79 B	80 A	3084,29 B	50 C	146 B	81 C	78 D	1,08	ENR
23	3244,31 F	103,5 C	192,5 C	82 A	76,5 B	2567,05 C	50 C	156 A	82,5 C	79,5 C	6,77	NENR
24	3716,47 E	102,5 C	236 B	79 B	77 B	3539,53 A	56 C	172 A	80 D	76,5 D	1,77	ENR
25	4433,83 D	84 D	203 C	79,5 B	72,5 B	3333,33 B	67,5 A	148 B	85 B	81,5 B	11,01	ENR
26	3428,08 E	92,5 D	200 C	74 B	82 A	3080,46 B	57,5 B	145 B	84,5 B	81 B	3,48	ENR
27	4310,35 D	112,5 C	211 C	84 A	79,5 A	2183,91 C	50,5 C	140 B	84 B	81 B	21,26	NER
28	4068,97 D	145 A	218,5 B	83 A	79 A	3065,13 B	55 C	183,5 A	85,5 B	81,5 B	10,04	ENR
29	4229,88 D	80 D	203 C	81 A	80,5 A	2107,28 D	64,5 B	146,5 B	86,5 A	84 A	21,23	NER
30	4367,82 D	143 A	257,5 A	81 A	76 B	4107,55 A	63 B	156 A	85 B	82,5 B	2,60	ENR
31	3831,42 E	77,5 D	242,5 A	82,5 A	80,5 A	3655,84 A	78 A	124 C	85 B	81,5 B	1,76	ENR
32	3601,32 E	85 D	230 B	78,5 B	74 B	1819,92 D	58 B	172,5 A	85 B	81,5 B	17,81	NENR
33	3713,18 E	103,5 C	220 B	83,5 A	77 B	2547,89 C	49 C	182 A	81 C	78 D	11,65	NENR
34	4622,78 D	117,5 C	230 B	76 B	77,5 B	3888,89 A	45 C	157,5 A	84,5 B	81 B	7,34	ENR
35	3655,19 E	115 C	244,5 A	80 B	77,5 B	2356,32 C	47,5 C	150 B	81 C	77,5 D	12,99	NENR
36	4958,33 C	77,5 D	230 B	80 B	77,5 B	1439,06 D	62 B	178,5 A	82,5 C	79,5 C	35,19	NER
37	4388,28 D	137,5 A	270,5 A	80 B	75 B	3582,37 A	54,5 C	155,5 A	79 D	77 D	8,06	ENR
38	4301,30 D	115 C	230,5 B	80,5 A	78,5 A	2873,56 B	62,5 B	157,5 A	82,5 C	79 C	14,28	NENR
39	4091,95 D	115 C	251,5 A	77,5 B	73,5 B	3045,98 B	38,5 C	161 A	81,5 C	78 D	10,46	ENR
40	3390,80 E	125 B	250 A	81,5 A	76,5 B	2459,43 C	62,5 B	165 A	83 C	79 C	9,31	NENR
41	3122,60 F	96 D	220 B	76 B	78 B	2297,47 C	60 B	157,5 A	84,5 B	81 B	8,25	NENR
42	3639,84 E	110 C	218,5 B	77 B	81 A	2836,20 B	47,5 C	131 C	83 C	79,5 C	8,04	NENR
43	3980,84 D	140 A	263 A	80 B	80 A	1946,36 D	51 C	175 A	84,5 B	80,5 C	20,34	NER
44	4582,73 D	102,5 C	204 C	83 A	79 A	2739,46 C	72,5 A	164,5 A	84 B	79 C	18,43	NENR
45	3655,17 E	67,5 E	176 D	83,5 A	75,5 B	2107,28 D	52,5 C	168,5 A	82,5 C	80 C	15,48	NENR
46	4063,39 D	82,5 D	195 C	81,5 A	80 A	2547,89 C	67,5 A	173 A	84 B	81 B	15,16	NENR
47	4666,33 D	135,5 A	263 A	78 B	81,5 A	2107,28 D	70 A	164 A	88,5 A	85,5 A	25,59	NER
48	3535,66 E	95,5 D	206 C	82 A	78 B	2260,53 C	50,5 C	171 A	84 B	80,5 C	12,75	NENR

Continua...

49	3215,52 F	110 C	257,5 A	83,5 A	78 B	3122,60 B	57,5 B	147,5 B	84,5 B	81 B	0,93	ENR
50	2950,19 F	127,5 B	258,5 A	80,5 A	76 B	2894,30 B	57 B	146 B	76 D	74 D	0,56	NENR
51	2756,33 F	45 F	188,5 C	80,5 A	78 B	1819,92 D	54 C	167,5 A	82,5 C	80 C	9,36	NENR
52	2966,95 F	78,5 D	203 C	79 B	78 B	2739,46 C	35 C	139,5 B	82 C	79,5 C	2,27	NENR
53	3314,18 E	132,5 A	251,5 A	80,5 A	81,5 A	2367,82 C	70,5 A	181 A	82,5 C	79,5 C	9,46	NENR
54	3735,00 E	132,5 A	251 A	79 B	77,5 B	3180,07 B	61,5 B	168 A	82 C	79 C	5,55	ENR
55	4214,56 D	113,5 C	239 B	83 A	76 B	3520,03 A	77,5 A	178,5 A	80,5 D	78 D	6,95	ENR
56	4003,83 D	108 C	222 B	80 B	76,5 B	2509,41 C	51 C	164,5 A	84,5 B	81 B	14,94	NENR
57	4099,61 D	103 C	218,5 B	78,5 B	76,5 B	3470,57 B	41 C	148,5 B	85 B	81,5 B	6,29	ENR
58	3325,67 E	87,5 D	195 C	77,5 B	77,5 B	3072,79 B	48 C	160 A	84 B	80,5 C	2,53	ENR
59	3842,91 E	101,5 C	201 C	79 B	82 A	3061,66 B	37,5 C	133,5 C	85 B	81 B	7,81	ENR
60	4186,06 D	124,5 B	237,5 B	81,5 A	82 A	2375,48 C	60 B	152,5 B	84 B	79,5 C	18,11	NENR
61	4250,72 D	97 D	246,5 A	83,5 A	81 A	2605,36 C	68 A	157,5 A	84 B	80,5 C	16,45	NENR
62	4657,71 D	78,5 D	213,5 C	82,5 A	80,5 A	3467,43 B	41,5 C	166 A	87,5 A	82,5 B	11,90	ENR
63	4850,57 C	115 C	237,5 B	82,5 A	79 A	3256,70 B	69,5 A	165 A	83 C	79 C	15,94	ENR
64	3065,13 F	113,5 C	230 B	81 A	76,5 B	2367,81 C	64,5 B	150 B	82,5 C	79,5 C	6,97	NENR
65	4535,31 D	120 B	230,5 B	78 B	78 B	3103,45 B	63,5 B	90 C	81,5 C	79 C	14,32	ENR
66	2257,65 F	119,5 B	246,5 A	81 A	78,5 A	1704,98 D	65 B	163,5 A	83 C	79,5 C	5,53	NENR
67	3609,19 E	106 C	230,5 B	81 A	80 A	2854,40 B	42 C	168,5 A	81,5 C	78,5 D	7,55	ENR
68	3639,85 E	105 C	235 B	82,5 A	81 A	3356,32 B	51 C	143,5 B	83,5 C	80 C	2,84	ENR
69	3816,09 E	106,5 C	210 C	83,5 A	79 A	3045,97 B	66,5 B	174 A	88 A	83,5 A	7,70	ENR
70	3928,96 D	89,5 D	244 A	82 A	79 A	3352,49 B	43,5 C	138 B	78,5 D	76 D	5,76	ENR
71	3922,96 D	100 C	245 A	81 A	79,5 A	3544,06 A	82,5 A	189 A	81 C	78 D	3,79	ENR
72	5000,00 C	112,5 C	235 B	81,5 A	78,5 A	2735,63 C	71 A	176 A	78,5 D	75,5 D	22,64	NER
73	4114,94 D	95 D	207 C	80 B	78 B	3850,57 A	56,5 C	168 A	80 D	77,5 D	2,64	ENR
74	4750,96 C	75 E	180,5 C	80,5 A	76 B	3122,60 B	75 A	163,5 A	83 C	79,5 C	16,28	ENR
75	4114,95 D	116 C	251,5 A	78 B	79 A	3704,02 A	64,5 B	172,5 A	83 C	79,5 C	4,11	ENR

Continua...

76	3908,04 D	122,5 B	246,5 A	81,5 A	81,5 A	2816,09 C	61 B	162 A	88 A	85 A	10,92	NENR
77	4209,05 D	134 A	248,5 A	83,5 A	82 A	2432,95 C	66,5 B	175,5 A	88 A	85,5 A	17,76	NENR
78	4238,83 D	119 B	253 A	83 A	81,5 A	2911,87 B	39 C	147,5 B	84,5 B	81 B	13,27	NENR
79	4398,25 D	87,5 D	205 C	79,5 B	82 A	1800,76 D	52,5 C	156 A	84 B	81 B	25,97	NER
80	2930,83 F	67 E	164,5 D	80,5 A	78,5 A	1896,55 D	53,5 C	145 B	85 B	81,5 B	10,34	NENR
81	3724,14 E	114,5 C	230 B	82 A	78,5 A	2107,28 D	62 B	166 A	84,5 B	79 C	16,17	NENR
82	3802,00 E	105 C	218,5 B	77,5 B	80,5 A	1704,98 D	48 C	157,5 A	83,5 C	79,5 C	20,97	NER
83	3601,53 E	110 C	237,5 B	83 A	75 B	3310,34 B	49 C	158 A	78 D	76 D	2,91	ENR
84	2893,68 F	108,5 C	261 A	82,5 A	81 A	1954,02 D	40,5 C	119 C	80 D	77 D	9,40	NENR
85	2899,34 F	103,5 C	210 C	81,5 A	80,5 A	2777,78 C	39,5 C	167,5 A	79 D	76,5 D	1,22	NENR
86	4578,54 D	102,5 C	225,5 B	83,9 A	79 A	3067,53 B	47,5 C	146 B	80 D	77,5 D	15,11	ENR
87	2796,93 F	88,5 D	235 B	81 A	82 A	2207,07 C	45 C	148 B	85 B	81 B	5,90	NENR
88	3569,16 E	101,5 C	234,5 B	81 A	79 A	3026,82 B	45 C	168 A	84 B	80 C	5,42	ENR
89	3712,66 E	90 D	221,5 B	80,5 A	78,5 A	2988,50 B	55 C	175 A	79,5 D	77 D	7,24	ENR
90	4463,60 D	91,5 D	203,5 C	83,5 A	78,5 A	3310,34 B	60,5 B	153,5 B	85,5 B	80,5 C	11,53	ENR
91	4076,63 D	112,5 C	115,5E	83,5 A	80,5 A	2681,99 C	63 B	163,5 A	87,5 A	83 B	13,95	NENR
92	3563,22 E	112,5 C	246,5 A	76,5 B	82 A	2145,59 D	68 A	157,5 A	87 A	84 A	14,18	NENR
93	2758,62 F	87,5 D	200 C	79,5 B	74 B	2339,96 C	55,5 C	171,5 A	88,5 A	84,5 A	4,19	NENR
94	3524,90 E	92,5 D	215 B	79 B	76 B	1938,00 D	37 C	120 C	83 C	79 C	15,87	NENR
95	2806,66 F	85 D	175 D	80,5 A	76,5 B	1781,61 D	74 A	159 A	81 C	78,5 D	10,25	NENR
96	4390,80 D	88,5 D	212,5 C	80 B	77 B	2931,03 B	60 B	167,5 A	83 C	79,5 C	14,60	ENR
97	4252,87 D	118,5 B	239,5 A	81 A	77,5 B	4010,55 A	50,5 C	140 B	80,5 D	76,5 D	2,42	ENR
98	4252,87 D	57,5 F	228,5 B	81 A	78 B	3356,32 B	47,5 C	155 A	82 C	79,5 C	8,97	ENR
99	5845,25 B	102,5 C	222,5 B	81 A	78,5 A	3065,13 B	58 B	177 A	78,5 D	75,5 D	27,80	ER
100	4137,93 D	108 C	216,5 B	81,5 A	79 A	3617,80 A	68,5 A	137,5 B	84 B	80,5 C	5,20	ENR
101	3097,19 F	95,5 D	214,5 B	81,5 A	79,5 A	2758,62 C	60,5 B	152,5 B	84 B	81 B	3,39	NENR
102	2873,56 F	89,5 D	217 B	82,5 A	79 A	2643,67 C	64,5 B	169 A	83,5 C	78,5 D	2,30	NENR

Continua...

103	3093,50 F	113 C	205 C	83 A	80 A	1402,47 D	46 C	156,5 A	83 C	81 B	16,91	NENR
104	4712,64 C	127,5 B	208,5 C	82,5 A	81,5 A	4075,15 A	65 B	152,5 B	83,5 C	81 B	6,37	ENR
105	3609,19 E	95 D	192,5 C	81 A	80 A	3065,13 B	48 C	127 C	82 C	78,5 D	5,44	ENR
106	3893,91 D	87,5 D	205 C	82 A	79,5 A	2720,31 C	43,5 C	142,5 B	82,5 C	79,5 C	11,74	NENR
107	3712,64 E	60 E	167,5 D	82,5 A	79 A	1704,98 D	52,5 C	147,5 B	85,5 B	81,5 B	20,08	NER
108	3787,00 E	138,5 A	265 A	82 A	79,5 A	2701,15 C	66 B	171,5 A	85 B	81,5 B	10,86	NENR
109	3121,40 F	77,5 D	205 C	81,5 A	80,5 A	3084,29 B	56,5 C	156 A	85,5 B	83 B	0,37	ENR
110	2588,14 F	111 C	219,5 B	83,5 A	80 A	1609,20 D	60 B	168 A	86 A	83 B	9,78	NENR
111	3200,43 F	123,5 B	243,5 A	82 A	81,5 A	2222,22 C	77 A	153,5 B	84,5 B	81,5 B	9,78	NENR
112	2873,56 F	112,5 C	241,5 A	81,5 A	79 A	2586,20 C	45 C	148,5 B	83 C	80 C	2,87	NENR
113	3823,99 E	85,5 D	239,5 B	79,5 B	78,5 A	2796,93 C	68,5 A	157,5 A	85,5 B	82 B	10,27	NENR
114	2919,54 F	115 C	216,5 B	78,5 B	77 B	1896,55 D	57,5 B	148,5 B	85,5 B	81,5 B	10,23	NENR
115	2566,96 F	90,5 D	220 B	80 B	76 B	2260,53 C	55 C	165 A	86,5 A	83,5 A	3,06	NENR
116	2965,51 F	118 B	222,5 B	81 A	78 B	1992,33 D	47,5 C	143 B	84 B	81 B	9,73	NENR
117	3724,86 E	83 D	198,5 C	83 A	78,5 A	2241,38 C	62,5 B	155 A	86 A	83 B	14,83	NENR
118	3657,32 E	106 C	197 C	80 B	80 A	2318,00 C	47,5 C	145,5 B	82,5 C	79,5 C	13,39	NENR
119	3477,73 E	102,5 C	210 C	82 A	77 B	2203,06 C	48 C	148 B	83,5 C	80 C	12,75	NENR
120	4170,50 D	118,5 B	226,5 B	81 A	79,5 A	2758,62 C	45 C	148,5 B	83 C	79,5 C	14,12	NENR
121	3103,45 F	118,5 B	231 B	82,5 A	79 A	1973,18 D	45,5 C	166,5 A	87 A	84,5 A	11,30	NENR
122	2270,99 F	92,5 D	240,5 A	83 A	81 A	2490,00 C	60 B	159,5 A	88 A	85 A	2,19	NENR
123	3790,83 E	113,5 C	219,5 B	82,5 A	80 A	1519,63 D	60 B	161,5 A	88,5 A	85 A	22,71	NER
124	3034,48 F	139 A	261,5 A	81 A	80 A	2547,89 C	58 B	146 B	87,5 A	84,5 A	4,87	NENR
125	3793,10 E	121,5 B	183,5 C	83 A	79 A	2852,01 B	65 B	150 B	86,5 A	82,5 B	9,41	NENR
126	3916,50 D	105 C	230 B	81,5 A	81 A	2394,63 C	76 A	165 A	86,5 A	82,5 B	15,22	NENR
127	3869,00 E	90,5 D	194 C	80 B	79,5 A	2088,12 D	42,5 C	123 C	85 B	81,5 B	17,81	NENR
128	4252,87 D	124 B	241 A	82,5 A	78,5 A	4069,85 A	45 C	155 A	81,5 C	78,5 D	1,83	ENR
129	4212,64 D	115 C	260 A	83,9 A	82 A	1451,32 D	52,5 C	165,5 A	85,5 B	82,5 B	27,61	NER

Continua...

130	2587,20 F	90 D	220,5 B	83,5 A	80,5 A	1555,33 D	55 C	150 B	84,5 B	81 B	10,32	NENR
131	2689,65 F	103,5 C	225,5 B	80,5 A	78,5 A	1432,47 D	58 B	159,5 A	84,5 B	81 B	12,57	NENR
132	2942,53 F	52,5 F	160 D	80,5 A	77,5 B	2413,79 C	41 C	164,5 A	84 B	80,5 C	5,29	NENR
133	5041,66 C	121 B	237 B	81 A	78,5 A	2643,68 C	76 A	163 A	85,5 B	82 B	23,98	NER
134	3484,91 E	107,5 C	243,5 A	81,5 A	79,5 A	2394,63 C	50 C	155 A	84,5 B	81 B	10,90	NENR
135	3699,71 E	135 A	273,5 A	83,5 A	81,5 A	1800,77 D	66 B	174,5 A	84,5 B	81 B	18,99	NENR
136	3721,98 E	122,5 B	263 A	83,9 A	81,5 A	2662,83 C	70 A	178,5 A	83,5 C	80,5 C	10,59	NENR
137	3862,06 E	111 C	217 B	82,5 A	80 A	2432,95 C	49,5 C	142 B	84 B	80,5 C	14,29	NENR
138	2781,60 F	107,5 C	221 B	82 A	79 A	2279,69 C	55 C	131,5 C	86,5 A	80 C	5,02	NENR
139	3885,06 E	89 D	197 C	83,5 A	80,5 A	1877,39 D	72,5 A	155 A	82,5 C	79,5 C	20,08	NER
140	3724,14 E	90 D	192,5 C	83,5 A	81,5 A	3007,66 B	41 C	152,5 B	83 C	79,5 C	7,16	ENR
141	2781,61 F	90,5 D	210 C	81,5 A	79 A	2241,38 C	60 B	140 B	85,5 B	81,5 B	5,40	NENR
142	2712,64 F	80 D	192,5 C	81 A	79 A	1724,14 D	55 C	141 B	87,5 A	83 B	9,89	NENR
143	3544,15 E	51 F	167,5 D	83 A	80,5 A	1819,92 D	57,5 B	157,5 A	83,5 C	80,5 C	17,24	NENR
144	3341,66 E	67,5 E	175 D	82,5 A	79 A	2969,34 B	48 C	156 A	86 A	82,5 B	3,72	ENR
145	3910,00 D	45 F	147,5 D	80 B	78 B	1877,39 D	50 C	145 B	82 C	78 D	20,33	NER
146	2969,34 F	86 D	218,5 B	81 A	77,5 B	2781,61 C	65 B	171 A	84 B	80,5 C	1,88	NENR
147	4348,66 D	115 C	247,5 A	82 A	78,5 A	3654,50 A	51 C	168,5 A	84 B	80,5 C	6,94	ENR
148	4528,73 D	131,5 A	256 A	81,5 A	78 B	2528,74 C	59 B	126,5 C	84 B	81 B	20,00	NER
149	3901,66 D	127,5 B	222,5 B	78,5 B	76,5 B	2107,28 D	54 C	167,5 A	84 B	80,5 C	17,94	NENR
150	3448,27 E	122,5 B	241 A	82 A	80,5 A	2892,72 B	52,5 C	167,5 A	86 A	83 B	5,56	NENR
151	4381,50 D	95 D	217 B	84,6 A	83 A	2049,80 D	56 C	125,5 C	86 A	83 B	23,32	NER
152	3058,69 F	50 F	161,5 D	84,3 A	83,5 A	2183,91 C	52,5 C	169 A	84,5 B	81,5 B	8,75	NENR
153	3399,17 E	107,5 C	220,5 B	81 A	81 A	1954,02 D	62,5 B	185,5 A	85 B	81,5 B	14,45	NENR
154	2632,18 F	113 C	224 B	83 A	79,5 A	1628,35 D	43,5 C	143,5 B	88,5 A	85,5 A	10,04	NENR
155	4165,23 D	111 C	227,5 B	82,5 A	80 A	1550,56 D	72,5 A	164,5 A	85,5 B	82,5 B	26,15	NER
156	3517,24 E	97,5 D	231 B	80,5 A	79,5 A	2260,53 C	48 C	143,5 B	87,5 A	84,5 A	12,57	NENR

Continua...

157	4191,66 D	106 C	240 A	83,5 A	78,5 A	1535,71 D	45 C	159 A	86 A	83 B	26,56	NER
158	4104,00 D	75 E	205 C	79,5 B	80,5 A	1992,33 D	67,5 A	151,5 B	87 A	83,5 A	21,12	NER
159	3349,50 E	83,5 D	232,5 B	82,5 A	76,5 B	1570,88 D	57,5 B	144,5 B	83 C	79 C	17,79	NENR
160	3659,00 E	112,5 C	250 A	84,5 A	79 A	2298,85 C	75 A	175,5 A	87 A	84 A	13,60	NENR
161	3186,00 F	97,5 D	220 B	83 A	81 A	3141,76 B	71,5 A	160,5 A	83,5 C	80 C	0,44	ENR
162	3494,00 E	107 C	231 B	82,5 A	80 A	2164,75 C	58,5 B	173,5 A	88 A	84,5 A	13,29	NENR
163	4127,50 D	52,5 F	105 E	81 A	79,5 A	2586,20 C	57,5 B	143,5 B	85 B	81 B	15,41	NENR
164	3604,50 E	82,5 D	190 C	81,5 A	78,5 A	2777,77 C	46 C	135 B	84 B	80,5 C	8,27	NENR
165	3326,50 E	98,5 C	215,5 B	81,5 A	79,5 A	2452,11 C	52,5 C	139 B	88 A	84,5 A	8,74	NENR
166	3580,64 E	87,5 D	195 C	82 A	80 A	3486,59 A	57,5 B	160 A	79,5 D	77 D	0,94	ENR
167	3334,50 E	108,5 C	208 C	79,5 B	80 A	1445,79 D	62,5 B	180,5 A	82 C	79,5 C	18,89	NENR
168	3639,84 E	129 B	252 A	82,5 A	76 B	3585,27 A	60 B	159 A	81,5 C	77,5 D	0,55	ENR
169	3562,50 E	118,5 B	254,5 A	84,3 A	80 A	1304,29 D	72 A	133,5 C	82,5 C	79 C	22,58	NER
170	3000,50 F	93 D	211,5 C	83 A	82 A	2068,96 D	55 C	161 A	86,5 A	82 B	9,32	NENR
171	3901,66 D	86,5 D	213,5 C	83 A	80,5 A	1685,82 D	61 B	161 A	86,5 A	83,5 A	22,16	NER
172	3649,60 E	111 C	228 B	83,5 A	81,5 A	1819,92 D	74,5 A	163,5 A	86,5 A	83 B	18,30	NENR
173	3426,16 E	128 B	262,5 A	79 B	82,5 A	2375,47 C	52,5 C	168,5 A	81,5 C	78,5 D	10,51	NENR
174	4540,23 D	46,5 F	184,5 C	81,5 A	76 B	3120,77 B	48 C	160 A	81 C	78 D	14,19	ENR
175	3976,50 D	72,5 E	185 C	81 A	78 B	3084,29 B	58,5 B	163,5 A	83 C	79,5 C	8,92	ENR
176	4732,00 C	112,5 C	215 B	81,5 A	77 B	1743,29 D	51,5 C	162 A	85 B	82 B	29,89	NER
177	4268,16 D	113,5 C	206,5 C	80,5 A	78,5 A	2835,24 B	53,5 C	169,5 A	84 B	80 C	14,33	NENR
178	4176,25 D	113,5 C	231 B	78,5 B	77 B	3784,33 A	77,5 A	175,5 A	83,5 C	80,5 C	3,92	ENR
179	2927,38 F	112,5 C	233,5 B	78,5 B	76,5 B	2068,96 D	63 B	176 A	79 D	76 D	8,58	NENR
180	3811,00 E	91,5 D	227 B	79 B	75,5 B	3122,60 B	45 C	165,5 A	82 C	78,5 D	6,88	ENR
181	3802,00 E	87,5 D	232,5 B	78,5 B	77 B	2068,96 D	49 C	136 B	85,5 B	82,5 B	17,33	NENR
182	3908,04 D	111 C	208 C	79 B	76 B	2988,50 B	64,5 B	143,5 B	77 D	74,5 D	9,20	ENR
183	3277,83 E	122,5 B	255 A	81 A	75,5 B	1330,47 D	47 C	167,5 A	82,5 C	78,5 D	19,47	NENR

Continua...

184	3377,50 E	77,5 D	220 B	82 A	78,5 A	2911,87 B	43,5 C	144 B	80,5 D	77,5 D	4,66	NENR
185	3505,66 E	102 C	208,5 C	85,1 A	79 A	2241,38 C	70 A	165 A	86 A	82 B	12,64	NENR
186	3644,91 E	108 C	236,5 B	84,1 A	81 A	2581,17 C	42,5 C	145,5 B	84 B	80,5 C	10,64	NENR
187	3958,31 D	96,5 D	234,5 B	84 A	80,5 A	2796,93 C	43,5 C	133 C	85,5 B	82 B	11,61	NENR
188	3826,06 E	82,5 D	204 C	81,5 A	79,5 A	2413,79 C	73 A	141 B	84 B	81 B	14,12	NENR
189	3944,50 D	99 C	214 C	82 A	78,5 A	3390,80 B	49 C	163,5 A	85,5 B	82,5 B	5,54	ENR
190	3850,57 E	72,5 E	175 D	79 B	76 B	3692,53 A	38,5 C	120 C	85 B	81 B	1,58	ENR
191	4093,00 D	64,5 E	160,5 D	80 B	77,5 B	3390,80 B	46 C	144,5 B	82 C	79,5 C	7,02	ENR
192	4885,06 C	77,5 D	189 C	81,5 A	78 B	2371,49 C	72,5 A	195 A	86,5 A	83,5 A	25,14	NER
193	3831,41 E	96 D	196 C	81 A	77,5 B	3632,18 A	57,5 B	171,5 A	81 C	78,5 D	1,99	ENR
194	3601,12 E	113,5 C	246,5 A	75 B	73 B	3026,82 B	67,5 A	160,5 A	79 D	76 D	5,74	ENR
195	4310,34 D	88,5 D	197 C	83 A	80,5 A	3577,00 A	34 C	120 C	85 B	80,5 C	7,33	ENR
196	3720,00 E	107,5 C	212,5 C	81,5 A	79 A	1364,39 D	62,5 B	137,5 B	84 B	80,5 C	23,56	NER
197	3954,02 D	92,5 D	217,5 B	79,5 B	77 B	3927,20 A	62,5 B	169 A	80 D	78 D	0,27	ENR
198	4557,50 D	98 D	209 C	81 A	78,5 A	2873,56 B	65 B	155 A	83,5 C	79,5 C	16,84	NENR
199	4159,50 D	87,5 D	190 C	80,5 A	78 B	3295,01 B	55,5 C	148,5 B	82,5 C	79,5 C	8,64	ENR
200	4220,14 D	85 D	185 C	81,5 A	78,5 A	1819,92 D	58,5 B	174 A	88,5 A	85,5 A	24,00	NER
201	5149,42 C	109,5 C	245,5 A	82 A	79,5 A	3754,79 A	32,5 C	131 C	83,5 C	77,5 D	13,95	ENR
202	3375,47 E	94,5 D	213,5 C	81,5 A	79,5 A	2660,24 C	46 C	138 B	82 C	79 C	7,15	NENR
203	4427,92 D	107,5 C	238 B	80,5 A	79 A	3432,95 B	57,5 B	136 B	83 C	79,5 C	9,95	ENR
204	3850,58 E	93,5 D	239 B	81,5 A	79 A	3000,00 B	47,5 C	152,5 B	83,5 C	81 B	8,51	ENR
205	4636,01 D	111 C	229 B	79 B	76 B	4485,27 A	49 C	139,5 B	83,5 C	80 C	1,51	ENR
206	4390,80 D	77,5 D	205 C	81,5 A	79,5 A	2796,93 C	71,5 A	187,5 A	86 A	83,5 A	15,94	NENR
207	3850,57 E	76 D	206 C	80 B	77,5 B	2827,58 C	46,5 C	176,5 A	83 C	79,5 C	10,23	NENR
208	4114,94 D	106 C	222,5 B	81,5 A	79 A	3986,33 A	55,5 C	148,5 B	86,5 A	84 A	1,29	ENR
209	4436,78 D	88 D	184,5 C	77 B	75,5 B	2643,68 C	79,5 A	154 A	83,5 C	80 C	17,93	NENR
210	3903,53 D	95 D	203,5 C	83,5 A	81,5 A	3620,68 A	52 C	169 A	85 B	82,5 B	2,83	ENR

Continua...

211	4160,00 D	101 C	226,5 B	85,7 A	83,5 A	2892,72 B	45 C	137,5 B	85,5 B	82,5 B	12,67	NENR
212	4615,00 D	132,5 A	265,5 A	82 A	80 A	3659,00 A	62 B	164,5 A	83,5 C	80,5 C	9,56	ENR
213	5721,22 B	87,5 D	215 B	78,5 B	76 B	4701,95 A	64,5 B	146 B	83 C	78,5 D	10,19	ENR
214	4176,24 D	67,5 E	203 C	82 A	79 A	4082,91 A	63 B	172,5 A	80 D	78,5 D	0,93	ENR
215	3540,23 E	82,5 D	207,5 C	81,5 A	79 A	2528,73 C	52,5 C	163 A	83,5 C	80 C	10,12	NENR
216	3563,22 E	56 F	127,5 E	80 B	77,5 B	2942,52 B	77 A	160 A	78,5 D	75,5 D	6,21	ENR
217	4003,83 D	112 C	214 C	78 B	76 B	3448,27 B	65,5 B	181 A	83 C	79,5 C	5,56	ENR
218	4225,88 D	116 C	226 B	82,5 A	80,5 A	2739,46 C	59 B	161 A	82,5 C	78,5 D	14,86	NENR
219	4574,71 D	96,5 D	218 B	79 B	76 B	3273,95 B	55 C	175,5 A	83,5 C	80,5 C	13,01	ENR
220	4567,05 D	87,5 D	205 C	81 A	79 A	3506,11 A	50 C	155 A	84 B	80,5 C	10,61	ENR
221	3773,95 E	130 A	226 B	80,5 A	78,5 A	3310,34 B	50 C	148,5 B	88,5 A	85,5 A	4,64	ENR
222	4176,24 D	120,5 B	259 A	80,5 A	78 B	3770,11 A	42,5 C	144 B	84,5 B	80 C	4,06	ENR
223	2804,59 F	71 E	185 C	78 B	76 B	2356,32 C	50 C	152,5 B	84,5 B	81 B	4,48	NENR
224	3931,03 D	43,5 F	163 D	82 A	79 A	2394,63 C	63,5 B	165,5 A	84,5 B	81 B	15,36	NENR
225	4551,72 D	92,5 D	223,5 B	78,5 B	76,5 B	4331,18 A	66 B	150,5 B	84,5 B	80,5 C	2,21	ENR
226	4573,83 D	60 F	170 D	80,5 A	78 B	3639,85 A	55 C	172 A	83,5 C	81 B	9,34	ENR
227	6113,03 B	76 D	195 C	82,5 A	80,5 A	2298,85 C	50 C	161 A	83,5 C	81 B	38,14	NER
228	4120,52 D	100 C	237 B	83 A	81 A	3985,19 A	62,5 B	140 B	87 A	84 A	1,35	ENR
229	5465,57 C	89 D	197,5 C	80 B	78 B	3180,07 B	50 C	154 A	80 D	78 D	22,86	ER
230	3776,80 E	100 C	209,5 C	81,5 A	80 A	3429,11 B	45 C	161 A	83 C	80 C	3,48	ENR
231	4264,37 D	95 D	198,5 C	79 B	75,5 B	2662,83 C	55 C	166 A	82,5 C	79,5 C	16,02	NENR
232	4298,52 D	83 D	197 C	79 B	76 B	4086,23 A	60 B	161,5 A	82 C	79 C	2,12	ENR
233	4961,69 C	75 E	182 C	80 B	76,5 B	4455,36 A	46,5 C	148 B	85 B	80,5 C	5,06	ENR
234	3908,05 D	65 E	187,5 C	79 B	76 B	3605,36 A	54 C	143 B	83 C	80 C	3,03	ENR
235	4574,71 D	56,5 F	160,5 D	79,5 B	77 B	3486,59 A	45 C	154 A	84 B	80,5 C	10,88	ENR
236	4915,94 C	87 D	191 C	79,5 B	75,5 B	2394,63 C	47,5 C	161 A	84 B	80,5 C	25,21	NER
237	4206,89 D	77 D	189,5 C	78,5 B	76 B	2873,56 B	50 C	153 B	81,5 C	77,5 D	13,33	NENR

Continua...

238	2796,93 F	95 D	210,5 C	80 B	78 B	2344,82 C	68 A	153 B	86 A	83,5 A	4,52	NENR
239	3954,50 D	55 F	150 D	80,5 A	78 B	2605,36 C	50 C	150 B	85,5 B	81,5 B	13,49	NENR
240	4036,00 D	85 D	232,5 B	83,5 A	82 A	2452,11 C	47,5 C	169,5 A	81,5 C	78,5 D	15,84	NENR
241	4173,99 D	70,5 E	138,5 E	77 B	75 B	3275,86 B	47 C	133,5 C	83,5 C	79 C	8,98	ENR
242	4524,50 D	72,5 E	197,5 C	85,4 A	83,5 A	3180,07 B	47 C	154 A	85,5 B	81 B	13,44	ENR
243	2662,83 F	105 C	222,5 B	78 B	76 B	2476,84 C	64 B	143 B	81 C	78,5 D	1,86	NENR
244	3416,50 E	88 D	192,5 C	78 B	76,5 B	1896,55 D	67 B	152,5 B	83 C	79,5 C	15,20	NENR
245	4733,56 C	107,5 C	219 B	80,5 A	79 A	1858,19 D	66 B	154 A	81,5 C	79 C	28,75	NER
246	4292,50 D	84,5 D	200 C	83,5 A	82,5 A	2681,99 C	60 B	164 A	83 C	79,5 C	16,11	NENR
247	3949,00 D	81 D	209 C	83,5 A	81,5 A	3237,54 B	65 B	163 A	85 B	81 B	7,11	ENR
248	3985,00 D	75,5 D	192 C	80,5 A	78 B	3946,36 A	65,5 B	156 A	84 B	80,5 C	0,39	ENR
249	4252,87 D	76 D	187 C	77,5 B	75 B	2931,03 B	51 C	160 A	80,5 D	77 D	13,22	ENR
250	4279,69 D	77 D	186,5 C	81 A	79 A	3967,62 A	55,5 C	156 A	82,5 C	79 C	3,12	ENR
IPR 164	4786,35 C	95 D	204 C	81,5 A	78 B	3869,73 A	61 B	183 A	83 C	79,5 C	9,17	ENR
BR 106	4758,62 C	69 E	188 C	80 B	77,5 B	2701,15 C	55 C	157 A	82,5 C	80 C	20,57	NER
Cativerde 02	4482,76 D	77 D	195 C	81 A	78,5 A	3831,41 A	57,5 B	162,5 A	83 C	80 C	6,51	ENR
AL Bandeirante	4620,69 D	100 C	210 C	78,5 B	75,5 B	3908,04 A	62,5 B	162 A	83,5 C	80,5 C	7,13	ENR
AL Avaré	4988,50 C	100 C	207,5 C	78 B	76,5 B	4185,57 A	60 B	179 A	84 B	80 C	8,03	ENR
30A37	6892,06 A	90 D	182,5 C	74 B	72 B	3697,32 A	77,5 A	180 A	76,5 D	74 D	31,95	ER
Média	3890,62	98,62	216,55	80,94	78,57	2768,49	56,90	156,61	83,77	80,43	-	-

PG: produtividade de grãos em kg ha⁻¹; AE: altura de espiga em cm; AP: altura de planta em cm; FF: florescimento feminino em dias; FM: florescimento masculino em dias
 EUP: estimativas da eficiência no uso de fósforo; ER: Eficiente e responsivo; ERN: Eficiente e Não Responsivo; NER: Não eficiente e Responsivo; NENR: Não Eficiente e Não responsivo. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 2A. Médias para produtividade de grãos, altura de espiga e de plantas, florescimento feminino e masculino para os 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos e 2 testemunhas, em Dourados-MS para alto e baixo P, 2016.

Código	Genótipos	Alto P					Baixo P				
		PG	AE	AP	FF	FM	PG	AE	AP	FF	FM
1	30	5897,97 B	73,3 B	161,6 B	87 A	84,3 A	4683,46 A	85,3 A	182,3 A	88 A	82,6 A
2	128	5437,32 B	86,6 B	189,6 B	85,6 A	83,3 A	5547,74 A	83 B	191,1 A	81,6 B	78,6 B
3	232	4829,80 C	85 B	182,5 B	84,3 A	82,6 A	2813,20 B	81,8 B	188,6 A	86,3 A	82 A
4	225	5861, 51 B	90,6 A	179,6 B	84 A	82,3 A	3517,37 B	84,3 B	194,5 A	81,3 B	77,6 B
5	233	5288,85 B	91,6 A	187 B	75,6 B	74,3 B	5062,92 A	74,6 B	178,1 A	77,6 B	74,6 B
6	205	4041,45 C	86,6 B	192,5 B	82 A	81 A	4479,86 A	78,5 B	177,5 A	82,3 B	80 A
7	213	4795,20 C	96,3 A	215 A	77,3 B	76,6 B	4018,14 B	85,6 A	203,5 A	85 A	81,6 A
8	H _{30x128}	5627,08 B	96,3 A	217,6 A	76,6 B	76 B	3236,68 B	75,8 B	195,3 A	79,3 B	76 B
9	H _{30x232}	4636,03 C	79,8 B	117,5 B	78,6 B	76,6 B	3542,49 B	79,3 B	190,8 A	84,3 A	79,6 A
10	H _{225x30}	5412,97 B	83 B	179,6 B	77,3 B	75,6 B	4606,99 A	74,3 B	196,5 A	81 B	75,3 B
11	H _{233x30}	3581,20 D	68,1 C	161,6 B	75,6 B	75,3 B	2840,64 B	60,6 B	143,8 A	83,6 A	75,6 B
12	H _{205x30}	5118,38 B	91 A	206,3 A	83 A	79,6 A	4892,43 A	77,3 B	190,5 A	85 A	82,3 A
13	H _{213x30}	7169,66 A	86,3 B	205,83 A	83 A	78 B	5178,90 A	88,6 A	186,1 A	84,3 A	82,3 A
14	H _{232x128}	4333,51 C	86,3 B	211, 5 A	77,6 B	76 B	4010,94 B	98,6 A	208 A	83 B	81,3 A
15	H _{225x128}	5940,05 B	101,1 A	209,3 A	78,6 B	75,6 B	2977,95 B	103,6 A	198,3 A	81,6 B	80 A
16	H _{233x128}	5629,79 B	91,3 A	212 A	80 B	75,6 B	5069,37 A	83,3 B	194 A	87,3 A	83,3 A
17	H _{205x128}	5662,5 B	101,8 A	194,6 A	77,3 B	75 B	5229,72 A	79 B	182,6 A	81,6 B	79 B
18	H _{213x128}	6919,06 A	102,1 A	206,16 A	80 B	77,6 B	3564,13 B	81,3 B	213,3 A	86,3 A	81,6 A
19	H _{225x232}	3436,50 D	99,5 A	201 A	79,6 B	76,6 B	4244,47 B	91 A	191,1 A	80,6 B	81,6 A
20	H _{233x232}	5312,34 B	97 A	210,6 A	78,6 B	77,6 B	3600,40 B	89,5 A	189,8 A	86,3 A	83,3 A

Continua...

21	H _{205x232}	6057,37 B	71 C	168,83 B	81,6 A	77,6 B	3695,34 B	76 B	205,5 A	81 B	78 B
22	H _{213x232}	4320,78 C	76,5 C	175 B	79,33 B	76,6 B	3535,34 B	77,5 B	174,5 A	82,6 B	80,3 A
23	H _{233x225}	5164,09 B	100 A	208 A	81,6 A	78,6 B	3603,20 B	91,3 A	192,6 A	83,6 A	87,3 A
24	H _{205x225}	4973,02 C	97,6 A	214,6 A	83,6 A	82 A	5897,38 A	74,83 B	179 A	83,6 A	79 B
25	H _{213x225}	4879,03 C	103,1 A	203,6 A	78,3 B	78 B	2764,54 B	96,16 A	194,6 A	81,6 A	77,3 B
26	H _{205x233}	2442,94 D	90,6 A	209,6 A	76,6 B	75 B	3982,06 B	77,3 B	173 A	87,6 A	84,6 A
27	H _{213x233}	5398,41 B	88 B	211,6 A	84 A	82 A	5297,56 A	96,3 A	195,1 A	85,6 A	82 A
28	H _{213x205}	4287,94 C	103 A	216 A	80,3 B	77,3 B	3717,25 B	80,5 B	197,5 A	76 B	74,6 B
29	BR 1060	5940,05 B	98,5 A	210,6 A	76 B	74 B	4137,12 B	69 B	180,1 A	85,3 A	81,6 A
30	DKB 390	7713,13 A	104,5 A	211,1 A	67,6 C	65,3 C	3500,52 B	73,6 B	182,1 A	77 B	74,3 B
Média		5203,67	90,91	197,71	79,72	77,56	4108,27	82,28	189,02	83,26	79,68

PG: produtividade de grãos em kg ha⁻¹; AE: altura de espiga em cm; AP: altura de planta em cm; FF: florescimento feminino em dias; FM: florescimento masculino em dias.
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 3A. Médias para produtividade de grãos, altura de espiga e de plantas, florescimento feminino e masculino para os 21 híbridos experimentais, 7 progênies de meios-irmãos e 2 testemunhas, em Caarapó-MS para alto e baixo P, 2016.

Código	Genótipos	Alto P					Baixo P				
		PG	AE	AP	FF	FM	PG	AE	AP	FF	FM
1	30	3470,50 C	90,8 A	217,6 A	80,3 A	77,3 A	3099,23 A	77,6 A	175,3 B	81,6 B	76,6 A
2	128	3320,03 C	81 A	192,8 A	79,6 A	77 A	3358,62 A	78,6 A	168,5 B	82,6 B	82 A
3	232	4113,04 B	94 A	206 A	81,3 A	78 A	3338,44 A	52 A	178,3 B	86,6 A	82 A
4	225	4155,04 B	97,6 A	220 A	78,6 A	75,6 A	3026,82 A	67,3 A	162,1 C	82,3 B	79,3 A
5	233	3948,79 B	75,6 A	184 A	81 A	79 A	1786,72 B	57,6 A	152 C	83,3 A	78 A
6	205	3443,76 C	101,6 A	194,3 A	80 A	78 A	2951,30 A	60,8 A	164,3 C	84 A	80 A
7	213	3034,56 C	73 A	176,6 A	82,3 A	79,6 A	2056,19 B	59,5 A	165,3 C	80,3 A	78,3 A
8	H _{30x128}	4363,92 B	84,5 A	184,3 A	81,3 A	78,6 A	3292,46 A	50,3 A	153,8 C	85,6 A	81,6 A
9	H _{30x232}	3603,65 C	76,8 A	179,8 A	81,6 A	79,3 A	2901,53 A	60 A	152 C	82,6 A	79,3 A
10	H _{225x30}	3749,11 B	88 A	181,8 A	79 A	76,3 A	3435,50 A	61,5 A	157,6 C	84,6 A	79,6 A
11	H _{233x30}	1752,50 D	73,5 A	181 A	84,6 A	81,3 A	1666,66 B	62 A	169,8 C	84 A	78,6 A
12	H _{205x30}	3432,67 C	85,33 A	198,6 A	81,3 A	78 A	2439,34 B	50,8 A	164,1 C	81,3 B	78,3 A
13	H _{213x30}	2815,86 C	91,6 A	207,9 A	82,6 A	80,3 A	3793,10 A	53,5 A	162 C	84,6 A	80,6 A
14	H _{232x128}	3110,15 C	83,5 A	180,5 A	83,3 A	80,6 A	2733,71 B	50 A	161,1 C	84 A	80,6 A
15	H _{225x128}	3292,18 C	83,16 A	193,6 A	82,3 A	80,6 A	2832,69 A	59,3 A	168,3 C	84,6 A	81,3 A
16	H _{233x128}	3630,64 C	89,16 A	209,8 A	82 A	79,3 A	2349,93 B	60,1 A	167,5 C	82 B	79,6 A
17	H _{205x128}	4035,66 B	97,9 A	207 A	84,6 A	81,6 A	3095,78 A	57,16 A	154 C	83 A	80 A
18	H _{213x128}	3198,30 C	80 A	175 A	83 A	81 A	2893,99 A	50,6 A	159,6 C	85 A	82 A
19	H _{225x232}	3231,96 C	83,16 A	190,8 A	81 A	78,6 A	3643,68 A	54,3 A	161,8 C	86 A	82,3 A
20	H _{233x232}	2982,36 C	89,1 A	199,6 A	84 A	80,6 A	3321,83 A	44,8 A	154,6 C	81 B	77 A

Continua...

21	H _{205x232}	2838,55 C	90 A	194,6 A	81 A	78,3 A	3551,72 A	62,6 A	166,5 C	80 B	77,3 A
22	H _{213x232}	3360,45 C	101 A	224,1 A	80,6 A	78,6 A	2500,64 B	70,5 A	161 C	80 B	77 A
23	H _{233x225}	3319,82 C	77,6 A	193,8 A	80,3 A	77 A	2679,43 B	60,6 A	181,3 B	82 B	78,3 A
24	H _{205x225}	3235,94 C	93,6 A	164 A	81,3 A	78,3 A	3190,29 A	65 A	181,3 B	84,6 A	78,3 A
25	H _{213x225}	3479,92 C	93,3 A	204,8 A	81,3 A	78,3 A	3516,60 A	67,3 A	168,6 C	79 B	76 A
26	H _{205x233}	3591,63 C	84,3 A	201,6 A	82,6 A	80 A	2286,07 B	55,6 A	159,3 C	79 B	79,3 A
27	H _{213x233}	3786,22 B	93,3 A	200,3 A	83,3 A	81,3 A	2480,20 B	56 A	156,6 C	80,3 B	77 A
28	H _{213x205}	3790,69 B	76,6 A	165,1 A	82,6 A	80,3 A	2839,08 A	44,3 A	181,66 B	81,3 B	78,3 A
29	BR 1060	5109,22 A	79 A	167,6 A	73 B	70 B	3983,57 A	85,5 A	214,33 A	74 C	71 B
30	DKB 390	4934,41 A	98,3 A	202,1 A	68,3 C	66 C	1799,66 B	51,6 A	156,6 C	70,6 C	69 B
Média		3537,72	86,90	193,32	80,96	78,32	2894,82	59,58	165,47	82,12	78,57

PG: produtividade de grãos em kg ha⁻¹; AE: altura de espiga em cm; AP: altura de planta em cm; FF: florescimento feminino em dias; FM: florescimento masculino em dias. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

TABELA 4A. Coordenadas dos cruzamentos dialélicos para os três primeiros componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise AMMI para capacidade específica de combinação.

Pontos	Progênes	Fêmea/Macho	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
			Dourados Alto P			Dourados Baixo P		
1	30	F1	5,436	20,679	-26,419	29,624	-12,121	-17,339
2	128	F2	-17,221	-4,675	-22,930	-26,874	15,760	22,654
3	232	F3	-30,972	11,354	0,148	3,892	-15,956	4,631
4	225	F4	-13,894	-8,717	7,440	26,743	33,370	12,907
5	233	F5	26,627	-37,481	-10,153	-30,675	-14,645	-8,634
6	205	F6	35,105	29,639	6,332	16,045	-23,109	18,723
7	213	F7	-2,540	-1,857	37,479	-6,293	20,043	-30,823
8	30	M1	-5,436	20,679	26,419	29,624	12,121	-17,339
9	128	M2	17,221	-4,675	-22,930	-26,874	-15,760	22,654
10	232	M3	30,972	11,354	-0,148	3,892	15,956	4,631
11	225	M4	13,894	-8,717	-7,440	26,743	-33,370	12,907
12	233	M5	-26,627	-37,841	10,153	-30,675	14,645	-8,634
13	205	M6	-35,105	29,639	-6,332	16,045	23,109	18,723
14	213	M7	2,540	-1,857	-37,479	-6,293	-20,043	-30,823
Pontos	Progênes	Fêmea/Macho	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
			Caarapó Alto P			Caarapó Baixo P		
1	30	F1	30,063	27,211	9,895	-20,339	24,254	-9,044
2	128	F2	5,725	-23,635	17,767	4,036	11,908	9,272
3	232	F3	11,938	-4,349	-23,933	15,600	-20,564	-1,787
4	225	F4	5,523	-6,089	-2,96	-6,208	0,096	22,688
5	233	F5	-32,970	18,714	-0,154	-17,902	-17,227	-6,197
6	205	F6	-6,649	1,617	17,671	-10,485	-10,526	-6,964
7	213	F7	-12,766	-2,399	-1,197	27,347	12,721	-8,652
8	30	M1	30,063	-27,211	9,895	20,339	24,254	9,044
9	128	M2	5,725	23,635	17,767	-4,036	11,908	-9,272
10	232	M3	11,938	4,349	-23,933	-15,600	-20,564	1,787
11	225	M4	5,523	6,089	-2,96	6,208	0,096	-22,688
12	233	M5	-32,970	-18,714	-0,154	17,902	-17,227	6,197
13	205	M6	-6,649	-1,617	17,671	10,485	-10,526	6,964
14	213	M7	-12,766	2,399	-11,975	-27,347	12,721	8,652

TABELA 5A. Coordenadas dos cruzamentos dialélicos para os três primeiros componentes principais (CP1, CP2 e CP3) da análise AMMI conjunta para capacidade específica de combinação.

Pontos	Progênes	Fêmea/Macho	Alto P			Baixo P		
			CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
1	30	F1	27,899	-23,899	7,042	27,899	-23,890	7,042
2	128	F2	-22,298	6,280	10,039	-22,298	6,280	10,039
3	232	F3	-0,496	-0,363	-11,626	-0,496	-0,363	-11,626
4	225	F4	15,241	15,501	23,326	15,241	15,501	23,326
5	233	F5	-21,164	-20,405	8,618	-21,164	-20,405	8,180
6	205	F6	4,146	-9,755	-17,932	4,146	-9,755	-17,932
7	213	F7	6,935	24,304	-10,682	6,935	24,304	-10,682
8	30	M1	27,398	23,980	-7,024	27,398	23,980	-7,024
9	128	M2	-22,273	-6,339	-10,030	-22,273	-6,339	-10,030
10	232	M3	-0,501	0,360	11,617	-0,501	0,360	11,617
11	225	M4	15,299	-15,460	-23,330	15,299	-15,460	-23,330
12	233	M5	-21,218	20,342	-8,635	-2,218	20,342	-8,635
13	205	M6	4,112	9,767	17,933	4,112	9,767	17,933
14	213	M7	7,002	-24,284	10,686	7,002	-24,284	10,686

Anexo A – Rotina para análise AMMI – biplot utilizando as matrizes de C.E.C. pelo programa SAS versão 9.1 (SAS INSTITUTE INC., 2004).

```

* 1) LEITURA DOS DADOS DE C.E.C DA TABELA (MATRIZ) DIALÉLICA:
=====;

data CEC (drop=F M);
infile 'C:/AMMI/CEC.txt'; * alterar local do arquivo com a matriz
C.E.C;
f=7; m=7; * alterar número de f=_ e m=_;
do FEM=1 to f;
  do MACH=1 to m;
    input Sij @@; output;
  end;
end;
options nodate ps=65 ls=75;
run;

title "ESTUDO DA C.E.C - MÉTODO AMMI";
title2 "Análise a partir da Tabela dialélica de C.E.C";
proc sort data=CEC;
by MACH;
proc transpose data=CEC out=DIALEL (drop=_name_) prefix=M;
  var Sij;
  by MACH;
run;
proc print data=DIALEL (drop=MACH);
  title2 "A matriz de C.E.C. (CE)";
run;
*

2) ANÁLISE AMMI PARA A INTERAÇÃO (C.E.C):
=====

a) DVS da matriz de C.E.C (CE):
----- *;

proc iml;
use work.DIALEL; setin work.DIALEL;
read all var {M1 M2 M3 M4 M5 M6 M7} into GE; * alterar valores {M1 M2
..Mn} de acordo com o numero de machos;
ng=nrow(GE); na=ncol(GE);
EIGV=EIGVAL(GE*GE`);
NNUL1=EIGV<-1E-9; NNUL2=EIGV>1E-9; NNUL=NNUL1+NNUL2;
r=(NNUL^=0) [+ ,];
title2 'Decomposição por Valores Singulares (A=USV` ) da matriz CE';
SQGE=ssq(GE);
print 'P/ dialélico completo: SQ dos elementos da matriz CE =
2SQ(CEC):' SQGE,
      'P/ dialélico parcial : SQ dos elementos da matriz CE =
SQ(CEC):' SQGE;
print 'O posto (p) da matriz CE:' r ;
CALL SVD(eG, VS, eA, GE); S=DIAG(VS[1:r,]); U=eG[,1:r]; VT=eA[,1:r]`;
Gf=U*(sqrt(S));
Hm=sqrt(S)*VT;
print 'Valores singulares:' VS [format=12.4];
print 'Matriz de Valores singulares: S=diag{VS1,VS2,...,VSp}'/
'Matriz de vetores singulares (U) associados a linhas (fêmeas):' U
[format=12.4] /
'Matriz de vetores singulares (V` ) associados a colunas (machos):' VT
[format=12.4] /

```

```

'Matriz G de marcadores de linhas (fêmeas):' Gf [format=12.4] /
'Matriz H` de marcadores de colunas (machos)' Hm [format=12.4] /;
*

b) Desdobramento da SQ(CEC) por AMMI (ACP ou DVS):
----- *;

Li=(VS##2);AUTV=Li[1:r,];
SAUTV=SUM(Li);
PRP=INV(SAUTV)*Li;PROP=PRP[1:r,];
RESD1=SAUTV-Li[1:1,];
PACUM=CUSUM(PROP)*100;
LINH=(1:r)`;
RESUMO=LINH||AUTV||PROP||PACUM;
colu={'CP/Eixo' 'Autovalor' 'Prop./CP' '% Acumulada'};
title2 'Resultados do desdobramento da SQ(CE) por AMMI (DVS ou ACP)';
print 'Notas sobre o RESUMO a seguir:',
'-----'
',
' (Autovalor k)= VS(k)^2 <=> Desdobramento da SQ(CE) por
AMMI ',
' Se dialélico completo => SQ(CEC)k=(Autovalor k)/2
',
' Se dialélico parcial => SQ(CEC)k=(Autovalor k) (com
k=1,2,...,p).',
'Proporção da SQ(CEC) atribuída a cada CP (ou eixo singular de
C.E.C)',
'Percentagem da SQ(CEC) acumulada até o n-ésimo CP (ou eixo
singular)'
'-----'
';
print RESUMO [colname=colu format=12.4];
print 'Dialélico completo: (Soma_Autovalores)=(Soma_VS^2)=2SQ(CEC):'
SAUTV,
'Dialélico parcial : (Soma_Autovalores)=(Soma_VS^2)= SQ(CEC):'
SAUTV /;
title2;
*

c) Aproximações sucessivas de CE:
----- *;

GXEI=j (ng,na,0);
SQGEI=ssq(GXEI);
do n=1 to r by 1;
VG=eG[,n]; ES=S[n,n]; VA=eA[,n];
IN=VG*ES*VA`;
G=VG*(sqrt(ES));ESGE=G`;
H=sqrt(ES)*VA;ESAM=H`;
if n=1 then ECP1=G//H;
if n=2 then ECP2=G//H;
if n=3 then ECP3=G//H;
if n=4 then ECP4=G//H;
GEI=G*H`;
SQGEI=SQGEI+ssq(GEI);
PROPI=INV(SAUTV)*SQGEI;
GXEI=GXEI+GEI;
print 'Resultados da avaliação do modelo: AMMI' n;
print ' SQmod/SQ(CEC):' PROPI;
print 'Escores para Fêmeas e Machos / Modelo ajustado: AMMI' n,
'Escores de Fêmeas' ESGE [format=12.4],

```

```

        'Escore de Machos' ESAM [format=12.4] /;
print  'Aproximação DVS para a Matriz de C.E.C (CE): Modelo AMMI' n;
print  GXEI [format=12.2] /;
end;
*
```

d) Resultados para representação gráfica (Biplot):

```

----- *;

GEN=1:ng;AMB=1:na;
OBJ=(GEN||AMB)`;
RES=OBJ||ECP1||ECP2||ECP3||ECP4;
VAR={'FEM_MACH' 'IPCA1' 'IPCA2' 'IPCA3' 'IPCA4'};
create RESULT from RES [colname=VAR];
append from RES;
close RESULT;
quit;
proc print data=RESULT;
  title2 "Resultados para a representação gráfica em Biplot";
  title3 "Escore (coordenadas) de Fêmeas e Machos p/ os 4 primeiros
eixos principais";
run;

data GRAPH;
  set RESULT;
  if _n_ < 10 then TIPO='cube'; else TIPO='pyramid'; F_M=_n_;
run; title1; title2;
proc g3d data=GRAPH;
  scatter IPCA2*IPCA3=IPCA1 /shape=TIPO;
run;
proc gplot data=GRAPH;
  plot IPCA2*IPCA1=F_M;
run;
proc gplot data=GRAPH;
  plot IPCA3*IPCA1=F_M;
run; quit;
```

Anexo B – Script para análise AMMI – biplot utilizando as médias da G x A pelo programa R versão 3.3.1.

```
# Definindo diretório de arquivos
setwd("C:/Users/Usuario/documents/workingdiretory")

# Arquivo de dados mediasGXA
mediasGXA <- read.table("matrizGXA.txt")

# Carregar pacotes
library(agricolae)
library(plyr)
library(reshape)
library(plantbreeding)

# Gráfico AMMI - Biplot
str (mediasGXA)
model<- with(mediasGXA,AMMI(V2, V1, V3, V4, console=FALSE))
model$ANOVA
plot(model)
AMMI.contour(model,distance=0.7,shape=8,col="red",lwd=2,lty=5)

# Análise AMMI

results <- ammi.full(dataframe = mediasGXA , environment = "V2", genotype = "V1",
                    replication = "V3", yvar = "V4")
print(results)

#-----
```