

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS PRÉ-COMERCIAIS
DE MILHO**

PRISCILA SILVA SOUZA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2017**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE HÍBRIDOS PRÉ-COMERCIAIS
DE MILHO**

PRISCILA SILVA SOUZA

Orientadora: PROF^A. DRA. LIVIA MARIA CHAMMA DAVIDE
Coorientadora: MSC. EURIANN LOPES MARQUES YAMAMOTO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado a Universidade Federal da Grande
Dourados como parte das exigências para
obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Dourados
Mato Grosso Do Sul
2017

AGRADECIMENTOS

Ao Espírito Santo, inspirador e sopro de vida.

A Livia Maria Chamma Davide, Euriann Lopes Marques Yamamoto, Emanuel Sanches Martins e Manoel Carlos Gonçalves pela orientação, ajuda, conselhos, atenção, carinho e “puxões de orelha”. Não teria chegado aqui sem vocês.

A Lucas Yuji Shirota, pelo apoio e amor imensuráveis.

A Edu Souza e Silvana Siqueira por tudo mais o que sou e me tornei. Ao irmão e irmãs o obrigada por me deixarem terminar de escrever (risos).

A Universidade Federal da Grande Dourados e aos alunos do Grupo de Melhoramento e Biotecnologia Vegetal pelos cinco anos de apoio.

A Mario Maffini por permitir utilizar os dados da Agriseeds.

Muito Obrigada!

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies vegetais de maior importância econômica no Brasil e no mundo, sendo uma das mais estudadas no campo da genética. Nesse contexto, a característica produtividade de grãos é a que mais exerce influência nas recomendações dos híbridos e cultivares. Entretanto, na prática, observa-se uma grande variação produtiva dos cultivares tanto entre locais quanto em épocas, provavelmente devido às diferentes condições edafoclimáticas de cada região produtora. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi estimar a adaptabilidade e estabilidade de híbridos pré-comerciais de milho em quatro locais, visando identificar os híbridos mais estáveis e promissores para produção de grãos na região Centro-Sul do Brasil. Foram avaliados os dados de produtividade de grãos de 31 híbridos pré-comerciais e 3 híbridos comerciais de milho como testemunhas, pelos métodos Annicchiarico, Lin e Binns e AMMI. Houve diferença significativa ($P < 0,01$) para os efeitos de híbridos, ambientes e interação híbridos x ambientes. A produtividade média de grãos variou de 5472,93 kg ha⁻¹ a 6692,54 kg ha⁻¹, com média geral de 5894,64 kg ha⁻¹. Existem híbridos pré-comerciais com desempenho igual ou superior aos híbridos comerciais testados nos quatro locais. O híbrido HS 0262 foi recomendado para os quatro locais testados pelas três metodologias. Nas análises de Annicchiarico e Lin e Binns os híbridos HS 0997 e HS 0832 foram os mais estáveis e de maior adaptabilidade geral e específica a ambientes desfavoráveis. De acordo com o AMMI, os híbridos mais estáveis, adaptados e produtivos foram HS 0805, HS 0774 e HS 0727. Esses híbridos, portanto, podem ser recomendados para cultivo nos locais estudados.

Palavras-chave: interação híbridos x ambientes, Annicchiarico, Lin e Binns, AMMI, *Zea mays* L.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is one of the most economically important vegetal species in Brazil and in the world, being one of the most studied in genetics field. In this context, the characteristic grain yield is the one that exerts most influence on hybrids and cultivars recommendation. However, in practice, a large productive variation of the cultivars is observed both between sites and at times, probably due to the different edaphoclimatic conditions of each producing region. So, the aim of this research was to estimate adaptability and stability of pre-commercial maize hybrids in four places: Campo Mourão – PR, Paranagi – PR, Dourados – MS e Maracaju – MS, aiming to identify the most stable and promising hybrids for grain production in the Center-South region of Brazil. Were available the grain yield data of 31 pre-commercial and 3 commercial corn hybrids as testimonials, by the methodologies by Annicchiarico, Lin and Binns and AMMI. There were significant difference ($P < 0,01$) for the purposes of hybrids, environment and genotype x environment interaction. The mean grain yield varied from 5472,93 kg ha⁻¹ to 6692,54 kg ha⁻¹ and the total average was 5894,64 kg ha⁻¹. There are pre-commercial hybrids with performance equal to or higher than the commercial hybrids tested at the four places. The hybrid HS 0262 was recommended for the four places by the three methodologies. In Annicchiarico e Lin e Binns analysis the hibryds HS 0997 e HS 0832 were the most stable and of greater general and specific adaptability to unfavorable environments. According to AMMI analysis, the most stable, adapted and productive hybrids were HS0805, HS 0774 e HS 0727. These genotypes therefore may be recommended for cultivation at the studied places.

Key words: hybrids x environments interaction, Annicchiarico, Lin e Binns, AMMI, *Zea mays* L.

SUMÁRIO

	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISAO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. O Milho	3
2.2. Melhoramento genético de milho e obtenção de híbridos	4
2.3. Interação Genótipos x Ambientes	6
2.4. Adaptabilidade e Estabilidade.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Genótipos e condução experimental	11
3.2. Análises genético-estatísticas.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5. CONCLUSÕES	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies vegetais de maior importância econômica no Brasil e no mundo. Devido a sua versatilidade de uso como produto para alimentação humana e animal ou para produção de etanol, o milho possui importante colocação no mercado de *commodities* agrícolas. Segundo grão mais produzido no Brasil apresenta uma área de cultivo estimada em 15,9 milhões de hectares nas safras 2015/16 (CONAB, 2016a).

Dada sua importância, o milho é uma das espécies mais estudadas no campo da genética, o que resultou em grande contribuição para o melhoramento de suas características de interesse agrônomo (SANTOS DONADO, 2016). Dentre essas características, pode-se constatar que um dos principais parâmetros na escolha de um cultivar de milho tem sido a produtividade de grãos.

Entretanto, na prática, observa-se uma grande variação produtiva dos cultivares tanto entre locais quanto em épocas, provavelmente devido às diferentes condições edafoclimáticas de cada região produtora. Essa variação no comportamento produtivo em diferentes ambientes é muito comum e recebe a denominação de interação genótipos por ambientes (interação GxA) (DUARTE & VENCOVSKY, 1999). Com isso, torna-se de grande importância o estudo dos genótipos mais adaptados a cada região produtiva, para que seja possível posicioná-los adequadamente e terem as condições favoráveis para atingirem o máximo potencial produtivo.

Assim, os melhoristas se utilizam de diversas técnicas e métodos para estimar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica e atenuar o efeito da interação GxA. Os métodos de Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988) são altamente correlacionados e possibilitam fácil interpretação, pois ambos medem a superioridade do genótipo baseados na análise de variância e em uma análise não-paramétrica, respectivamente. Outro método que também permite inferências dessa natureza, é a chamada análise AMMI (*Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis*), que é traduzida por análise de efeitos principais aditivos e interação multiplicativa. Este método combina técnicas estatísticas, como a análise de variância e a análise de componentes principais, para ajustar, respectivamente, os efeitos principais (genótipos e ambientes) e os efeitos da interação GxA (DUARTE & VENCOVSKY, 1999; RAMALHO et al., 2012; MENEZES et al., 2015).

Pelo exposto, o objetivo deste trabalho é avaliar a adaptabilidade e a estabilidade de híbridos pré-comerciais e comerciais de milho, visando identificar os híbridos mais estáveis e promissores para produção de grãos na região Centro-Sul do Brasil.

2. REVISAO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea da família Poaceae, pertencente a tribo Maydeae, a qual possui sete gêneros, dos quais dois são nativos do hemisfério ocidental (*Zea* e *Tripsacum*) e cinco tem origem na Ásia. É um cereal conhecido por seus diversos usos, sendo utilizado como alimento humano, para consumo industrial e em maior proporção, com cerca de 52% da demanda nacional, utilizado para alimentação animal (CELERES, 2016).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, totalizando 83,5 milhões de toneladas produzidas na safra 2016/2017, um aumento de 23,5% em relação ao ano anterior (USDA, 2016). No contexto nacional, o estado de Mato Grosso do Sul é o quarto maior produtor nacional de milho, com produção estimada em 8.749,3 mil toneladas do grão na safra 2016/17, ficando atrás somente do Mato Grosso, Paraná e Goiás (CONAB, 2016b).

A produção brasileira de milho tem se estabelecido em duas principais épocas de semeadura ou safras. A primeira safra, ou de verão, acontece no período mais chuvoso do ano, que tem início entre fins de agosto na região Sul até os meses de outubro/novembro no Sudeste e Centro-Oeste. Porém, o cultivo nessa safra não é preferência dos produtores, por promover menor rentabilidade, altos custos produtivos e maior risco de produção, sendo o cultivo da soja preferido pela maior lucratividade. A segunda safra, conhecida também por safrinha, é semeada entre os meses de janeiro e fevereiro, após a colheita da soja, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados de São Paulo e Paraná (MIRANDA et al., 2012). Nas safras de 2015/16 foram produzidas 25,8 e 41,1 milhões de toneladas na primeira e segunda safras, respectivamente, com produtividade média de 4,2 mil kg ha⁻¹, em uma área de 15,9 milhões de hectares (CONAB, 2016b).

Devido a sua adaptação as condições de clima tropical, o milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, com aproximadamente 48% da produção total de todo país concentrada na região Centro-Oeste, 28% na região Sul e 14% na região Sudeste (CONAB, 2016c). De acordo com Cruz J. et al. (2012), a concentração produtiva nessas áreas se dá pelo fato de apresentarem condições edafoclimáticas favoráveis à cultura. Porém, observa-se uma grande diversidade de condições de cultivo, considerando-se as várias regiões, épocas de plantio e diferentes níveis tecnológicos.

Desde modo, para realizar a recomendação de cultivares de milho torna-se necessário avaliar o desempenho dos materiais genéticos em vários locais a fim de proporcionar alternativas aos agricultores para alocação de cultivares mais adequadas e adaptadas às diferentes situações.

2.2. Melhoramento genético de milho e obtenção de híbridos

Por ser uma cultura mundial, o milho vem obtendo crescentes investimentos na área da pesquisa, seja por órgãos de pesquisa públicos ou privados, tornando-se a cultura modelo em estudos de genética e melhoramento. Esse fato implicou em um aumento da produtividade, graças ao desenvolvimento de técnicas visando selecionar e reproduzir os genótipos das plantas superiores (CRUZ J. et al., 2012).

No Brasil o melhoramento genético tem promovido aumentos significativos em produtividade, sendo responsável pelo incremento de 4120 kg ha⁻¹ nos últimos 40 anos (CONAB, 2016c). Embora não estejam disponíveis informações a respeito do percentual dos fatores genéticos ou ambientais responsáveis por esse aumento, como exemplo ocorrido nos Estados Unidos, o melhoramento genético associado as inovações tecnológicas e o manejo filotécnico da cultura mostram-se fundamentais para o aumento da produtividade de grãos (COSTA, 2010).

O melhoramento genético de milho consiste em obter linhagens homozigóticas que serão avaliadas, reproduzidas e cruzadas a fim de selecionar o melhor cruzamento (híbrido), que pode ser produzido indefinidamente, uma vez que os genótipos das linhagens podem ser mantidos e multiplicados (ZANCANARO, 2013).

Dentre as principais atividades dos programas de melhoramento genético de milho, a avaliação de híbridos é uma das etapas mais importantes. Antes de serem recomendados, os híbridos são avaliados em condições representativas da região alvo de recomendação. Assim, nas etapas finais do programa, são conduzidos ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) em diversos ambientes com a finalidade de identificar, entre os híbridos avaliados, aqueles com ampla adaptabilidade e estabilidade de produção e também aqueles com adaptabilidade específica a cada região (FARIA, 2016).

As cultivares de milho podem ser subdivididas em diversos tipos, sendo dois os principais: híbridos e variedades. Neste caso, os híbridos são responsáveis pela maior porção do mercado (CRUZ et al., 2015). O termo milho híbrido pode ser definido como a geração F1 ou a primeira geração proveniente do cruzamento de variedades de

polinização aberta, linhagens endogâmicas ou outras populações geneticamente divergentes (BORÉM & MIRANDA, 2005).

Dependendo do número de genitores utilizados, pode-se obter diferentes tipos de híbridos mas, de modo geral, todos são altamente heterozigóticos e homogêneos. Indiferentemente do tipo de híbrido, estes apresentam maior vigor e produtividade na primeira geração (F_1), sendo necessária a aquisição de sementes híbridas todos os anos, caso o agricultor queira manter o mesmo nível de produtividade. Se os grãos colhidos forem semeados, o que corresponde a uma segunda geração (F_2), haverá redução, dependendo do tipo do híbrido, de 15 a 40% na produtividade, perda de vigor e grande variação entre plantas (CRUZ J. et al., 2012).

Dentre os principais tipos de híbrido existem os híbridos simples, triplos e duplos. O híbrido simples é o resultado do cruzamento entre duas linhagens e é indicado para sistemas de produção que utilizam alta tecnologia, pois possui o maior potencial produtivo. São também os mais caros (CRUZ J. et al., 2012) e apresentam maior uniformidade de plantas e espigas do que os demais híbridos. Por outro lado, essa mesma uniformidade genética, favorável em determinado ambiente, poderá ser desvantajosa quando o híbrido for cultivado em uma série de ambientes contrastantes, ou ainda, em condições de estresses bióticos ou abióticos.

O híbrido triplo é obtido a partir do cruzamento entre uma linhagem e um híbrido simples e é indicado para média a alta tecnologia. São bastante uniformes e com potencial produtivo intermediário entre os híbridos simples e duplos. Da mesma forma, o custo da semente e de produção também é menor que o simples e mais caro que o duplo. Já o híbrido duplo resulta do cruzamento entre dois híbridos simples, sendo indicado para produtores com média tecnologia. Foi rapidamente aceito pelos produtores, pois aliou aumento de produtividade (dada pela heterose) a custos de produção suficientemente baixos. Outra possível vantagem dos híbridos duplos é sua maior heterogeneidade (variabilidade genética), que resulta em maior estabilidade de comportamento (FRITSCHÉ-NETO & MÔRO, 2015).

Existem ainda no mercado os híbridos simples modificados (HSm) e os híbridos triplos modificados (HTm). Para obtenção de um HSm é utilizado como progenitor feminino um híbrido entre duas linhagens irmãs e como progenitor masculino, uma outra linhagem não aparentada. No caso do HTm, o parental feminino é um híbrido simples e o parental masculino é um híbrido formado por duas linhagens afins. Outros tipos de híbridos encontrados no mercado, mas em menor proporção, são os híbridos

intervarietais (HIV), que são o resultado do cruzamento entre duas variedades, e os híbridos *top-crosses*, que são produzidos pelo cruzamento de uma linhagem com uma variedade (CRUZ J. et al., 2012).

Atualmente, a cultura do milho tem sido implantada com maior tecnificação em termos de nutrição e controle de pragas, de doenças e de plantas daninhas, sendo mais indicadas cultivares de milho de maior potencial produtivo para obtenção de melhores respostas aos investimentos na lavoura. Desta forma, observa-se que grande parte das sementes de milho vendidas no país são de cultivares híbridas. Na safra 2015/16 os híbridos simples, modificados ou não, representaram 60,07% do mercado; os triplos, modificados ou não, 18,57%; os duplos 9,91% e as variedades, híbridos intervarietais e *top-crosses* 11,45% do total de 323 cultivares de milho geneticamente diferentes disponíveis (CRUZ et al., 2015).

Com o emprego dos primeiros híbridos de milho, houve um aumento significativo da produtividade em relação as variedades. Porém, o progresso na produtividade de milho no Brasil tem sido inferior aos Estados Unidos. Apesar disso, o potencial produtivo dos híbridos brasileiros vem sendo cada vez mais evidenciados pelos concursos de produtividade promovidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Milho e Sorgo (Embrapa/CNPMS) e Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), nas últimas décadas (COSTA, 2010).

2.3. Interação Genótipos x Ambientes

No melhoramento de plantas, a produtividade de grãos é uma característica quantitativa, controlada por muitos genes e altamente influenciada pelo ambiente em que o genótipo é cultivado. Segundo Cruz C. et al. (2012) em um determinado ambiente, a expressão fenotípica é o resultado da ação do genótipo sob influência do meio. Porém, quando se consideram vários ambientes, pode-se notar que além dos efeitos genéticos e ambientais, há um efeito adicional resultante da interação dos mesmos, conhecido como interação genótipos por ambientes (GxA). A interação pode ser simples quando não causa mudança na classificação dos genótipos entre ambientes ou complexa, quando altera a classificação. A interação simples indica a presença de genótipos adaptados a ampla faixa de ambientes, assim a recomendação de genótipos pode ser feita de forma generalizada. A interação complexa indica a presença de genótipos adaptados a ambientes particulares,

trazendo complicações aos melhoristas, uma vez que a recomendação se restringe a ambientes específicos (RAMALHO et al., 2012).

Segundo Kang (1998), a natureza da interação deve ser atribuída a fatores bioquímicos e fisiológicos próprios de cada genótipo. Em termos genéticos, a interação ocorre quando a contribuição dos genes que controlam o caráter ou o nível de expressão dos mesmos difere entre os ambientes. Isso ocorre porque a expressão dos genes é influenciada e/ou regulada pelo ambiente.

De acordo com Zobel et al. (1988), citado por Eculica (2014), o fator ambiente pode ser definido como a combinação de variações não genéticas que influenciam as respostas fenotípicas dos genótipos, podendo ser o local onde o genótipo é cultivado, as tecnologias de cultivo, adubação e espaçamento, fatores climáticos como precipitação, temperatura e luminosidade e toda biodiversidade de insetos e patógenos a que as plantas podem estar expostas.

Desta forma, a interação GxA é o fator que mais exerce influência no comportamento das cultivares, dificultando a seleção e recomendação dos genótipos para extensas regiões geográficas (ECULICA, 2014). A avaliação da significância dessa interação nos programas de melhoramento é muito importante e compete aos melhoristas adotarem estratégias que permitam aproveitá-la ou minimizá-la (CRUZ C. et al., 2012), sendo necessário que se realize um grande número de avaliações das cultivares em diferentes ambientes para se ter segurança na seleção e recomendação de cultivares.

O estudo da interação GxA garante a possibilidade de seleção de genótipos com adaptação específica ou ampla durante a seleção dos genótipos promissores (FOX et al., 1997; PINTO JÚNIOR et al., 2006). Além disso, esse estudo embasa a tomada de decisão dos profissionais ligados a agricultura, fornecendo aos agricultores as informações necessárias para a escolha dos híbridos que devem ser utilizados em sua lavoura.

2.4. Adaptabilidade e Estabilidade

A avaliação de cultivares em diversos ambientes tem como objetivo verificar os diferentes comportamentos dos genótipos diante das variações ambientais nos quais os experimentos foram instalados. A análise da interação GxA não assegura informações confiáveis sobre desempenho de cada genótipo em várias condições ambientais (ROSADO et al., 2012). Quando o objetivo é identificar genótipos com comportamentos

previsíveis em vários ambientes, faz necessário promover estudos sobre adaptabilidade e estabilidade, para que possa ser feita a recomendação de novas variedades e equívocos de avaliação sejam minimizados (OLIVEIRA et al., 2014).

A possibilidade de comparação entre genótipos em diferentes regiões e níveis tecnológicos permite inferir sobre o potencial produtivo e a adequação de cada cultivar às condições do agricultor. Desta forma, a divulgação de resultados de testes de produtividade, adaptabilidade e estabilidade são ferramentas importantes para subsidiar a escolha de cultivares por parte dos produtores rurais e profissionais que atuam com assistência técnica (GUIMARÃES, 2010).

A estabilidade fenotípica está relacionada a escolha de genótipos que sejam menos afetados por variações do ambiente, ou seja, o híbrido apresenta menor oscilação de produção e um comportamento altamente previsível em função do ambiente, como a melhoria em anos mais favoráveis e a ausência de grandes quedas produtivas em anos desfavoráveis (CRUZ J. et al., 2012; FRITSCHÉ-NETO & MÔRO, 2015). Já a adaptabilidade fundamenta-se na identificação de genótipos com a capacidade de aproveitar vantajosamente o estímulo do ambiente. Desta forma, para ser bem-sucedida, uma nova cultivar deve ter alta produtividade de grãos e um bom desempenho de características agrônômicas em uma ampla gama de condições ambientais, com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (CRUZ C. et al., 2012).

Têm sido propostas diferentes metodologias para a análise da adaptabilidade e estabilidade, sendo que a escolha por uma delas depende de vários fatores como a quantidade de ambientes e de genótipos avaliados, do tipo de informação que se deseja obter e da precisão requerida (CHAVES, 2001). Na cultura do milho diversos estudos relacionados à interação GxA e de adaptabilidade e estabilidade tem sido realizados por diversos autores. Dentre eles, Cargnelutti Filho et al. (2007), Oliveira (2009), Pfann (2010), Costa (2010), Diniz (2011), Granato (2014) e Faria (2016).

Dentre muitas metodologias utilizadas para estudar adaptabilidade e estabilidade em milho, uma de grande importância foi a desenvolvida por Annicchiarico (1992). Segundo Ramalho et al. (2012), é um método baseado na análise de variância conjunta dos experimentos, considerando todos os ambientes e o posterior desdobramento da soma de quadrados dos efeitos de ambientes e da interação genótipos x ambientes, em efeitos de ambientes dentro de cada genótipo. Esse método baseia-se na estimação de um índice de confiança (ou índice de recomendação) de um determinado genótipo mostrar comportamento geneticamente superior. Nesse método a estabilidade é mensurada pela

superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente. Com isso, estima-se um risco de adoção de cada cultivar, ou seja, quanto maior for o índice, maior será a confiança na recomendação do cultivar. Essa estimativa de risco é normalmente levada em conta no planejamento econômico da propriedade (DINIZ, 2011).

O método de Lin e Binns (1988) estima a estatística P_i , que representa o comportamento geral do cultivar. Essa estatística é o quadrado médio da distância entre a média do cultivar e a resposta média máxima entre todas as cultivares para cada local, enquadrando-se na classe de análise não-paramétrica. Dessa forma, o quadrado médio menor indica uma superioridade geral do genótipo em questão, pois quanto menor o valor de P_i , menor será o desvio em torno da produtividade máxima; assim, maior estabilidade está relacionada, obrigatoriamente, com alta produtividade (DAHER et al., 2003). Essa análise possibilita a classificação dos ambientes em favoráveis e desfavoráveis, baseando-se no princípio de que nas avaliações de cultivares, o que se procura é aquela com desempenho próximo do máximo para a maioria dos ambientes, de acordo com Gonçalves et al. (1999).

A análise AMMI - *Additive Main effects and Multiplicative Interaction Analysis* (Modelo de Efeitos Principais Aditivos e Interação Multiplicativa) (GAUCH e ZOBEL, 1996), destaca-se por vários motivos. Por esse teste é possível: realizar uma avaliação mais detalhada da interação GxA; gerar estimativas mais precisas das respostas genotípicas; a fácil interpretação gráfica dos resultados por meio de biplots (representação gráfica simultânea dos genótipos e ambientes); além de permitir tirar conclusões sobre a estabilidade, o desempenho genotípico, a divergências genética de cultivares e sobre os ambientes que otimizaram o desempenho desses (DUARTE e VENCOVSKY, 1999). Esse método combina, em um único modelo, a análise de variância dos efeitos aditivos de genótipos e ambientes com a análise de componentes principais do efeito multiplicativo da interação GxA (CHAVES, 2001). A análise AMMI pode ajudar tanto na identificação de genótipos de alta produtividade e largamente adaptados como na realização do chamado zoneamento agrônomico, com fins de recomendação regionalizada e de seleção de locais de teste. As coordenadas de genótipos e de ambientes em relação aos eixos principais de interação (IPCA's) são representadas em gráficos denominados "biplots" AMMI1 e AMMI2, que permitem descrever a estabilidade e a adaptabilidade dos genótipos aos ambientes de teste.

Menezes et al. (2015) realizaram estudos de adaptabilidade e estabilidade visando selecionar linhagens de sorgo mais resistentes à seca, por meio dos modelos

Annicchiarico, Lin e Binns e AMMI. Os autores concluíram que houve linhagens tolerantes a seca e puderam identificar as com adaptabilidade geral e específica para cada ambiente, e que método AMMI deve ser usado em conjunto com outro método de estabilidade com correlação positiva com produtividade, como Lin e Binns ou Annicchiarico. Esse fato justifica a utilização de mais de um método de avaliação, proporcionando maior confiabilidade na recomendação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Genótipos e condução experimental

Foram utilizados dados experimentais provenientes de ensaios de avaliação de Valor de Cultivo e Uso (VCU) obtidos pela empresa Agriseeds, sediada em Dourados – MS. Os experimentos foram conduzidos em quatro locais, sendo dois no estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Maracaju) e dois no Paraná (Campo Mourão e Paranagi), realizados na segunda safra de 2011 (Tabela 1). Avaliaram-se 24 híbridos simples, 7 híbridos triplos pré-comerciais de milho e três híbridos comerciais (testemunhas), num total de 34 tratamentos (Tabela 2).

TABELA 1. Descrição dos locais onde foram conduzidos os experimentos.

Locais	Altitude	Latitude	Longitude	Clima*
Campo Mourão - PR	630 m	24°02'38" S	52°22'40" W	Cfa
Paranagi – PR	346 m	22.51'35" S	50.51'33" W	Cfa
Dourados – MS	396 m	22.32'104" S	54.89'23" W	Cwa
Maracaju – MS	421 m	21.29'27" S	55.12'13" W	Cwa

* Segundo a classificação Koppen (1936).

Nas cidades de Campo Mourão, Paranagi e Dourados, as parcelas foram constituídas de duas linhas de cinco metros, espaçadas 0,20 m entre plantas e 0,80 m entre linhas, em sistema de semeadura direta. Em Maracaju, o espaçamento utilizado foi 0,20 m entre plantas, 0,50 m entre linhas e as parcelas compostas por 3 linhas de cinco metros. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições.

Na semeadura foi realizada adubação de acordo com a necessidade do solo do local, sendo 250 kg ha⁻¹ da fórmula 15-20-20 de NPK para Campo Mourão, 310 kg ha⁻¹ de 15-20-20 em Paranagi, 247 kg ha⁻¹ de 11-23-23 em Dourados e 250 kg ha⁻¹ de 11-15-15 em Maracaju. Foi realizada adubação de cobertura na dose de 200 kg ha⁻¹ da fórmula 90-0-0 em Campo Mourão, Paranagi e Maracaju e 230 kg ha⁻¹ de 104-0-0 em Dourados.

Foram realizadas aplicações de herbicidas, inseticidas e fungicidas em cada área de acordo com a necessidade e o nível de dano, além do desbaste após 25 dias de semeadura, objetivando uma população estimada de 60 mil plantas ha⁻¹. As datas de semeadura e colheita são descritas na Tabela 3.

A característica avaliada foi a produtividade de grãos (kg ha^{-1}), sendo determinada após colheita, debulha e pesagem de grãos por parcela. A umidade foi determinada logo após a colheita e a produtividade, quantificada em quilogramas, foi corrigida para 13% de umidade.

TABELA 2. Características dos híbridos de milho avaliados em quatro locais (Campo Mourão - PR, Paranagi - PR, Dourados - MS e Maracaju - MS) na segunda safra de 2011.

	Híbrido	Empresa		Híbrido	Empresa
1	HS 0262	Agriseeds	18	HS 0832	Agriseeds
2	HS 0582	Agriseeds	19	HS 0953	Agriseeds
3	HS 0586	Agriseeds	20	HS 0997	Agriseeds
4	HS 0603	Agriseeds	21	HS 1109	Agriseeds
5	HS 0606	Agriseeds	22	HS 1170	Agriseeds
6	HS 0724	Agriseeds	23	HS 1171	Agriseeds
7	HS 0727	Agriseeds	24	HS 1396	Agriseeds
8	HS 0746	Agriseeds	25	HT 007	Agriseeds
9	HS 0757	Agriseeds	26	HT 012	Agriseeds
10	HS 0766	Agriseeds	27	HT 013	Agriseeds
11	HS 0769	Agriseeds	28	HT 020	Agriseeds
12	HS 0774	Agriseeds	29	HT 027	Agriseeds
13	HS 0805	Agriseeds	30	HT 032	Agriseeds
14	HS 0811	Agriseeds	31	HT 062	Agriseeds
15	HS 0814	Agriseeds	32	AG 9010 PRO	Agroceres
16	HS 0815	Agriseeds	33	DKB 330	Dekalb
17	HS 0822	Agriseeds	34	P 30K73	Pioneer

A somatória da precipitação pluvial e a temperatura média mensais ocorridas durante a condução dos experimentos são demonstradas na Figura 1.

TABELA 3. Datas de semeadura e colheita dos experimentos realizados no Paraná e Mato Grosso do Sul, na segunda safra de 2011.

	Semeadura	Desbaste	Colheita
Campo Mourão - PR	27/02	23/03	16/08
Paranagi - PR	05/03	30/03	17/08
Dourados - MS	01/03	27/03	05/08
Maracaju - MS	18/03	13/04	19/08

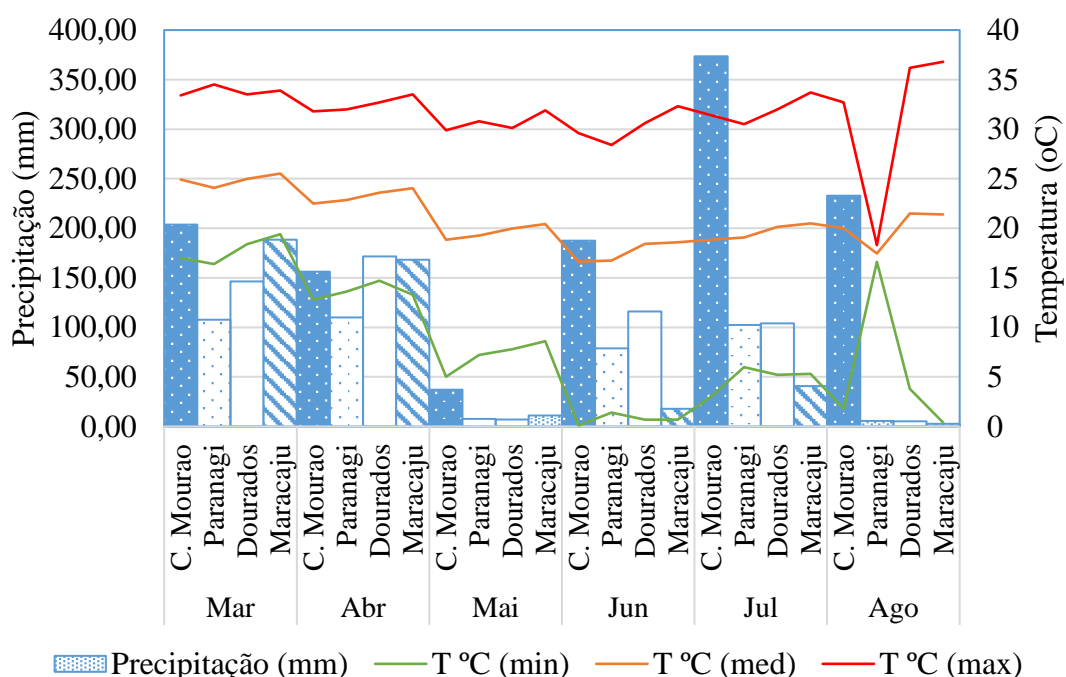


FIGURA 1. Dados médios de temperatura do ar, em graus Celsius (°C) e precipitação pluvial mensal, em milímetros (mm) para o ano de 2011 (Fonte: AGRITEMPO, 2016).

3.2. Análises genético-estatísticas

Primeiramente, foram realizadas análises de variância individual por ambiente para produtividade de grãos. Uma vez verificada a diferença entre os tratamentos, realizou-se a análise de variância conjunta com a finalidade de detectar se há interação significativa entre os híbridos e os ambientes, implementada mesmo não tendo havido homogeneidade entre as variâncias residuais (QMR). Assim, procedeu-se ao ajuste dos graus de liberdade do erro médio e da interação GxA, segundo o método de Cochran, (1954), conforme descrito por Ramalho (2005). Após os ajustes, procedeu-se às interpretações relativas às significâncias do teste F. As médias de produtividade de grãos dos híbridos foram submetidas ao teste de agrupamento de Scott-Knott (1974) a 5% de

probabilidade fenotípica dos híbridos. Para aferição da eficiência experimental foi utilizado o índice de acurácia, conforme descrito por Resende (2002), de acordo com a seguinte expressão:

$$\hat{r}_{gg} = (1 - 1/F)^{1/2}$$

\hat{r}_{gg} : acurácia experimental;

F (de Snedecor): razão de variâncias para os efeitos de tratamentos (cultivares), associada à análise de variância (ANOVA).

Para a análise de adaptabilidade e estabilidade foi utilizada a produtividade média de grãos de milho com emprego das metodologias de Annicchiarico (1992), Lin e Binns (1988) e AMMI (GAUCH e ZOBEL, 1996).

Pelo método de Annicchiarico (1992), a estabilidade é medida pela superioridade do genótipo em relação à média de cada ambiente. O método baseia-se na estimação de um índice de confiança de um determinado genótipo mostrar comportamento relativamente superior (RAMALHO et al. 2012). Por esse método, o índice de confiança é obtido pela seguinte expressão:

$$I_i = \bar{Y}_{ij} - Z_{(1-\alpha)}\hat{\sigma}_i$$

I_i : índice de confiança;

\bar{Y}_{ij} : média do genótipo i no ambiente j;

\bar{Y}_j : média do ambiente j;

$Z_{(1-\alpha)} = \frac{100 \bar{Y}_{ij}}{\bar{Y}_j}$: valores percentuais;

$\hat{\sigma}_i$: desvio padrão da média do cultivar i;

α : 0,25, com coeficiente de confiança de 75%.

O método proposto por Lin e Binns permite a aferição do quanto a cultivar está próxima do desempenho ideal, referenciado como sendo o de um híbrido com a maior produtividade em todos os ambientes estudados (SILVA et al., 2016). Os genótipos considerados estáveis são os que apresentam o menor índice P_i , obtido por:

$$P_i = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{ij} - M_j)^2}{2n}$$

P_i : índice de estabilidade do genótipo i;

Y_{ij} : produtividade do genótipo i no ambiente j;

M_j : produtividade do genótipo com resposta máxima dentre todos no ambiente j;

n : número de ambientes.

Já o modelo AMMI associa um modelo aditivo e multiplicativo para explicar a interação genótipos e ambientes. Este método integra a análise de variância e a técnica estatística multivariada denominada de análise de componentes principais. O modelo utilizado envolve os efeitos aditivos dos genótipos e ambientes (efeitos principais) e multiplicativo da interação genótipos x ambientes (MENEZES et al., 2015). A adaptabilidade dos híbridos em cada ambiente de cultivo foi interpretada com base nos sinais dos escores para híbridos e ambientes. Quando estão afastados da origem e próximos entre si, com escores de mesmo sinal, mostram interação positiva, o que representa adaptabilidade específica (DUARTE & VENCOVSKY, 1999) e indica em onde os híbridos devem ser preferencialmente cultivados.

O modelo AMMI é assim expresso:

$$\gamma_{ij} = \mu + G_i + E_j + \sum_{n=1}^N \lambda_n \alpha_{in} \gamma_{jn} + R_{ij} + e_{ij}$$

γ_{ij} : produtividade média observada de cada genótipo i no ambiente j ;

μ : média geral;

G_i : efeito fixo do genótipo i ;

E_j : efeito aleatório do ambiente j ;

λ_n : n -ésimo valor singular da interação genótipos x ambientes;

α_{in} e γ_{jn} : elementos relacionados ao genótipo i e ao ambiente j dos vetores singulares; O índice n tomado até N no somatório, determina uma aproximação de quadrados mínimos para a matriz de genótipos x ambientes;

R_{ij} : resíduo;

e_{ij} : erro aleatório associado às parcelas.

As análises genético-estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas estatísticos Genes (CRUZ, 2016) e R (R CORE TEAM, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os híbridos pré-comerciais e comerciais apresentaram diferenças não significativas ($P > 0,005$) independentemente do ambiente avaliado (Tabela 4). Os valores de acurácia variaram de 0,67 (moderado) a 0,98 (muito alta), o que indica boa qualidade e execução dos experimentos. Segundo Resende e Duarte (2007), a acurácia (ou exatidão) é um parâmetro adequado para avaliar a qualidade dos experimentos de avaliação de cultivares, pois considera simultaneamente, o coeficiente de variação experimental, o número de repetições e o coeficiente de variação genotípica. As médias de produtividade variaram de 5472,93 kg ha⁻¹ (Maracaju - MS) a 6692,54 kg ha⁻¹ (Campo Mourão - PR), com média geral de 5894,64 kg ha⁻¹.

A média geral de produtividade foi 22,85% superior à média da região centro-sul do Brasil na segunda safra de 2011, de 4798,00 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011), e também 13,53% superior à média nacional da safra 2016 de 5192,00 kg ha⁻¹ (CONAB, 2016a), indicando elevado potencial produtivo dos híbridos estudados. As maiores produtividades médias de grãos foram em Campo Mourão - PR e Dourados - MS, com média geral de 6692,55 e 5782,13 kg ha⁻¹, respectivamente, e a menor produtividade foi observada em Maracaju, com média geral de 5472,93 kg ha⁻¹ (Tabelas 4).

TABELA 4. Resumo da análise de variância para o caractere produtividade de grãos (kg ha⁻¹) de 31 híbridos pré-comerciais e 3 híbridos comerciais de milho avaliados em quatro locais na segunda safra de 2011.

FV	GL	Quadrados Médios			
		Campo Mourão	Paranagi	Dourados	Maracaju
Blocos	2	536850,77	9580,74	60240,59	48575,48
Genótipos	33	1073662,15*	538154,98**	1391604,62**	1927629,12**
Resíduo	66	587765,85	39187,90	53506,66	109451,39
Média		6692,54	5630,98	5782,13	5472,93
Acurácia		0,67	0,96	0,98	0,97

** e *: significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

As variações de produtividade de grãos entre os locais podem ser explicadas pelo baixo regime de chuvas associado às baixas temperaturas durante o ciclo da cultura, principalmente na época de florescimento e enchimento de grãos, nos meses de junho e julho de 2011. Nesse período foram registradas temperaturas mínimas inferiores a 10°C

em todas as regiões, com ocorrência de geada nas cidades de Dourados - MS e Maracaju - MS (Figura 1). Segundo Cruz J. et al. (2012), por ocasião da floração, temperaturas médias inferiores a 15,5°C retardam o crescimento e as temperaturas abaixo de 10°C, por períodos longos, resultam em crescimento da planta quase nulo.

Além disso, enquanto em Campo Mourão - PR a pluviosidade total foi de 1190 mm, nos outros ambientes a somatória não passou de 550 mm (Dourados - MS). Na cidade de Paranagi - PR, foi registrado período de seca nos meses de abril e maio, fato que pode explicar a média dessa cidade ter sido inferior à de Dourados - MS, a qual passou por geada, mas teve um índice pluviométrico superior (Figura 1). Esses resultados evidenciam a alta dependência de condições ótimas para se alcançar boas produtividades, ou seja, a influência do ambiente na expressão do caráter produtividade de grãos. A cultura do milho necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, a precipitação pluviométrica e o fotoperíodo, atinjam níveis considerados ótimos, para que o seu potencial genético de produção se expresse ao máximo (CRUZ et al., 2015).

A partir da análise conjunta pode-se constatar diferenças significativas a 1% de probabilidade para as fontes de variação híbridos, ambientes e para interação GxA (Tabela 5). A interação genótipos x ambientes significativa demonstra que os híbridos apresentaram comportamentos não coincidentes em cada ambiente. Pfann (2010) avaliou híbridos simples de milho em cinco ambientes na região Centro-Sul do estado do Paraná e também constatou interação genótipos por ambientes

TABELA 5. Resumo da análise de variância conjunta para o caractere produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de 31 híbridos pré-comerciais e 3 híbridos comerciais de milho avaliados em quatro locais na segunda safra de 2011.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios	Probabilidade (%)
Blocos	8	113572,79	
Genótipos	33	2110569,97**	0,115
Ambientes	3	30484744,78**	0,0
Genótipos x Ambientes (GxA)	53	940203,58**	0,0
Resíduo	114	197462,69	
Média		5894,64	

Em Campo Mourão - PR, as produtividades variaram de 4898,66 a 7556,00 kg ha⁻¹, sendo que os híbridos foram agrupados em quatro níveis pelo teste de Scott-Knott (Tabela 6). Os híbridos mais produtivos foram HS 0262, HS 0606, HS 0774, HS 0805, HS 0811, HS 0815, HS 0997, HS 1109, HS 1396, HT 012, HT 027, HT 032, AG 9010 PRO e DKB 330, com destaque para HS 1109 com 7556,00 kg ha⁻¹. O pior desempenho foi do híbrido HS 0769, com produtividade média 4898,66 kg ha⁻¹. Na cidade de Paranagi - PR obteve-se dois grupos de médias, sendo que 21 dos 34 genótipos foram classificados como mais produtivos, apresentando médias gerais acima de 5650,26 kg ha⁻¹. Em Dourados - MS, os híbridos HS 0262, HS 0724, HS 0997, HS 1109, HS 1396, HT 032 e HT 062 apresentaram as maiores produtividades, com valores acima de 6467,33 kg ha⁻¹ (HT 062). Os piores desempenhos foram dos híbridos HS 0769, HS 0953, HS 1170, HS 1171 e HT 020. Na cidade de Maracaju - MS, pode-se destacar o DKB 330 dentre os mais produtivos, com 7332,23kg ha⁻¹, juntamente com os híbridos HS 0586, HS 0832, HS 0997, HT 013, AG 9010 PRO. Os híbridos menos produtivos foram HS 0603, HS 0757, HS 0766, HS 0811, HS 1171, HT 012, P 30K73 com menor média para HS 0953 com 3685,40 kg ha⁻¹.

Alguns dos híbridos pré-comerciais avaliados apresentaram comportamento semelhante ou superior as testemunhas em todos os locais. Esse fato indica o grande potencial produtivo dos genótipos estudados. Como exemplo temos os híbridos simples HS 1109 e HS 0724, os quais foram 19,05% e 20,33% superiores, respectivamente, a média das três testemunhas avaliadas (Tabela 6).

Pode-se observar que os híbridos mais produtivos em um local, não foram em outro, ou seja, não houve comportamento coincidente quanto a distribuição das médias em relação aos ambientes (Tabela 6), o que caracteriza a interação GxA. O HS 0805, que em média está entre os híbridos mais produtivos, se comportou de forma diferente em cada ambiente. Entre os locais, esse híbrido apresentou a maior média em Campo Mourão - PR com 7145,33 kg ha⁻¹, enquanto em Maracaju- MS apresentou média de 5567,90 kg ha⁻¹. Esse comportamento pode ser observado em grande parte dos híbridos avaliados. A partir desses resultados, a análise de adaptabilidade e estabilidade se torna essencial para identificação dos materiais com adaptabilidade geral ou específica as condições favoráveis ou desfavoráveis.

Quanto a adaptabilidade e estabilidade, de acordo com o índice de confiança proposto por Annicchiarico para os ambientes em geral, dos 34 híbridos avaliados, 13 apresentaram desempenho de 0,38% a 13,17% superiores à média ambiental, dentre os

TABELA 6. Médias de produtividade de grãos (kg ha⁻¹), corrigida para 13% de umidade, de 31 híbridos pré-comerciais e 3 híbridos comerciais de milho avaliados em quatro locais na segunda safra de 2011.

	Híbridos	PG* média	Campo Mourão	Paranagi	Dourados	Maracaju
1	HS 0262	6451,75	7215,46 aA	6187,30 aB	6611,30 aA	5793,20 bB
2	HS 0582	5869,41	6724,26 bA	5680,46 aB	5700,66 cB	5372,36 cB
3	HS 0586	6009,83	6412,26 bA	5650,26 aB	5245,63 cB	6731,30 aA
4	HS 0603	5517,16	6120,33 bA	5970,76 aA	5480,66 cA	4496,73 dB
5	HS 0606	5562,66	7000,13 aA	4649,00 bB	5255,30 cB	5346,10 cB
6	HS 0724	6070,41	6632,66 bA	5328,83 bB	7117,00 aA	5203,46 cB
7	HS 0727	6100,83	6757,33 bA	6048,00 aB	6148,70 bB	5449,13 cB
8	HS 0746	5506,00	6101,00 bA	5786,53 aA	5216,56 cB	4920,40 cB
9	HS 0757	5441,91	5762,00 cA	5663,13 aA	6089,76 bA	4253,00 dB
10	HS 0766	5647,83	6498,33 bA	5986,46 aA	5487,60 cB	4619,36 dC
11	HS 0769	4988,75	4898,66 dB	5028,56 bB	4445,80 dB	5581,86 cA
12	HS 0774	6165,25	7035,66 aA	5696,40 aB	6190,93 bB	5738,13 bB
13	HS 0805	6234,66	7145,33 aA	6134,10 aB	6091,46 bB	5567,90 cB
14	HS 0811	5828,41	7240,66 aA	5388,00 bB	5980,36 bB	4704,86 dC
15	HS 0814	5691,83	6604,00 bA	5857,00 aB	5156,00 cC	5150,33 cC
16	HS 0815	6095,33	7506,00 aA	5929,33 aB	5662,53 cB	5283,93 cB
17	HS 0822	5768,83	6131,33 bA	5770,66 aA	5660,33 cA	5512,06 cA
18	HS 0832	6299,75	6345,33 bA	6369,03 aA	6086,80 bA	6397,93 aA
19	HS 0953	4929,16	5721,66 cA	5683,66 aA	4625,86 dB	3685,40 dC
20	HS 0997	6754,75	7543,33 aA	6111,06 aB	6685,60 aB	6679,46 aB
21	HS 1109	6359,91	7556,00 aA	5371,53 bB	7041,00 aA	5471,10 cB
22	HS 1170	5376,58	6107,66 bA	5132,00 bB	4924,76 dB	5342,46 cB
23	HS 1171	5258,58	6681,33 bA	4993,53 bB	4846,26 dB	4512,90 dB
24	HS 1396	6317,16	7525,66 aA	5674,66 aC	6559,33 aB	5509,00 cC
25	HT 007	5931,91	6617,00 bA	5810,00 aB	5265,66 cB	6035,10 bB
26	HT 012	5870,91	7036,33 aA	5684,43 aB	6154,00 bB	4608,13 dC
27	HT 013	6011,83	6489,00 bA	5259,76 bB	5646,30 cB	6653,33 aA
28	HT 020	5567,08	6400,00 bA	4948,56 bB	4709,00 dB	6210,80 bA
29	HT 027	6088,75	7437,33 aA	5165,70 bB	5682,36 cB	6069,76 bB
30	HT 032	5979,16	6856,00 aA	5495,73 bB	6618,00 aA	4947,06 cB
31	HT 062	6059,25	6561,00 bA	5438,13 bB	6467,33 aA	5770,80 bB
32	AG 9010 PRO	6310,58	7375,33 aA	5192,33 bC	6249,66 bB	6425,00 aB
33	DKB 330	6488,16	6921,33 aA	6020,03 aB	5679,00 cB	7332,23 aA
34	P 30K73	5863,58	6586,66 bA	6348,96 aA	5813,70 cA	4705,90 dB
	Média	5894,65	6692,55	5630,98	5782,13	5472,93

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott (1974), a 5% de probabilidade. * PG: Produtividade de grãos.

quais destacaram-se os híbridos HS 0997, HS 0262 e a testemunha DKB 330 com 13,17%, 8,47% e 6,26% de superioridade, respectivamente (Tabela 7). Além desses, pode-se recomendar os híbridos HS 0805, HS 1396, HS 0832, HS 1109, HS 0774, HS 0727, HT 062, HS 0815, HT 027, os quais também apresentaram maior estabilidade e adaptabilidade geral. Híbridos com comportamento superior à média apresentam menor risco de adoção pelos agricultores, pois sua característica de adaptabilidade geral lhes confere maior probabilidade de apresentar produtividades superiores em cada ambiente (RAMALHO et al, 2012). Quando em ambientes desfavoráveis, os híbridos HS 0997, HS 0832 e HS 0262 mostraram-se 13,54 %, 10,13% e 8,86% superiores à média. Os piores desempenhos foram dos híbridos HS 1171, HS 0769 e HS 0953, os quais mesmo em condições favoráveis apresentaram uma produtividade 13,46%, 18,23% e 20,37% menores do que a média. Para essa análise, o ambiente Campo Mourão - PR foi classificado como favorável, enquanto os demais como desfavoráveis.

Pelo método de Lin e Binns, verificou-se que os cinco híbridos mais estáveis em todos os ambientes foram HS 0997, HS 0262, HS 0832 e as testemunhas DKB 330 e AG 9010 PRO, os quais se destacaram por apresentar os menores valores de P_i geral, sendo 84.955,2; 346.803,0; 425.112,8; 324.084,9 e 374.186,3, respectivamente (Tabela 7). Os híbridos HS 1109, HS 0997, HS 1396, HS 0815 e HT 027 apresentaram adaptabilidade específica, pois foram estáveis em ambientes favoráveis. Genótipos com essas características são indicados para cultivo em ambientes favoráveis ou por agricultores com alto nível de investimento. Além disso, híbridos estáveis ao longo dos anos e ambientes são preferidos, pois tendem a apresentar produtividades previsíveis, facilitando a indicação dos mesmos (MENEZES et al., 2015). Em ambientes desfavoráveis destacaram-se os híbridos HS 0832, HS 0262, HS 0997, indicando que mesmo em condições adversas do ambiente esses genótipos apresentaram bom rendimento de grãos. Híbridos com esse comportamento podem ser recomendados para agricultores com baixo nível de investimento ou locais com solos mais pobres ou desfavorecidos. Os híbridos HS 0757, HS 0769 e HS 0953 foram os menos estáveis em todos os ambientes, tanto favoráveis quanto desfavoráveis, com P_i geral de 1.609.218,0, 3.530.710,2 e 1.682.389,4 respectivamente. A instabilidade pode vir a comprometer a recomendação de cultivo do genótipo, por possuir grande variação produtiva de um ambiente para outro. Por esse método, o ambiente de Campo Mourão - PR foi classificado como favorável, enquanto os demais como desfavoráveis.

TABELA 7. Parâmetros de adaptabilidade e estabilidade para produtividade de grãos de 31 híbridos pré-comerciais e 3 híbridos comerciais de milho, com base nos métodos de Annicchiarico (1992) e Lin e Binns (1988), avaliados em quatro locais na segunda safra de 2011.

Híbridos		Annicchiarico		Lin e Binns		
		I_i	I_i (d)	Pi	Pi (f)	Pi (d)
1	HS 0262	108,4	108,8	346.803,0	58.026,9	443.061,6
2	HS 0582	99,1	98,8	876.748,8	345.834,7	1.053.720,2
3	HS 0586	98,5	100,1	711.158,9	653.986,7	730.216,4
4	HS 0603	90,9	91,0	1.617.097,0	1.030.569,4	1.812.606,2
5	HS 0606	91,3	88,3	1.334.954,4	154.382,7	1.728.478,3
6	HS 0724	99,2	99,8	808.521,6	426.272,2	935.938,0
7	HS 0727	102,5	103,2	653.060,3	318.934,2	764.435,6
8	HS 0746	91,8	92,2	1.485.899,0	1.058.512,5	1.628.361,1
9	HS 0757	88,9	90,4	1.782.079,1	1.609.218,0	1.839.699,4
10	HS 0766	93,2	92,2	1.410.295,2	559.329,4	1.693.950,5
11	HS 0769	81,7	85,9	2.382.312,0	3.530.710,2	1.999.512,6
12	HS 0774	103,8	103,5	515.402,4	135.373,4	642.078,8
13	HS 0805	104,8	104,3	548.673,2	84.323,6	703.456,4
14	HS 0811	95,6	92,6	1.157.386,7	49.717,6	1.526.609,7
15	HS 0814	94,7	93,6	1.221.929,3	453.152,0	1.478.188,4
16	HS 0815	101,0	98,6	813.648,8	1.250,0	1.084.448,4
17	HS 0822	96,8	99,7	977.521,3	1.014.837,6	965.082,6
18	HS 0832	104,8	110,1	425.112,8	732.856,9	322.531,4
19	HS 0953	79,6	78,1	2.917.575,9	1.682.389,4	3.329.304,8
20	HS 0997	113,1	113,5	84.955,2	80,2	113.246,9
21	HS 1109	104,2	101,8	558.209,6	80,0	744.279,4
22	HS 1170	89,9	89,6	1.549.585,7	1.048.834,7	1.716.502,7
23	HS 1171	86,5	84,0	1.970.258,5	382.520,9	2.499.504,4
24	HS 1396	104,8	102,9	514.877,3	460,1	686.349,7
25	HT 007	98,6	98,8	788.135,5	440.860,5	903.893,8
26	HT 012	96,3	94,0	1.135.568,9	135.026,7	1.469.082,9
27	HT 013	98,8	100,0	624.526,4	569.244,5	642.953,7
28	HT 020	90,8	89,6	1.301.403,7	668.168,0	1.512.482,3
29	HT 027	100,3	97,6	639.436,3	7.040,9	850.234,8
30	HT 032	98,4	97,4	899.013,7	245.000,0	1.117.018,3
31	HT 062	101,0	102,5	589.784,5	495.012,5	621.375,2
32	AG 9010 PRO	104,0	102,4	374.186,3	16.320,2	493.475,0
33	DKB 330	106,2	107,9	324.084,9	201.400,9	364.979,6
34	P 30K73	96,4	96,0	1.192.263,0	469.803,6	1.433.082,8

I_i : Índice de confiança (IC) geral; I_i (d): IC em ambientes desfavoráveis; Pi: Índice de estabilidade (IE) geral; Pi (f): IE em ambientes favoráveis e Pi (d): IE em ambientes desfavoráveis.

A partir dos resultados obtidos com o método AMMI2 verificou-se que os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 84,43% da soma dos quadrados devido à interação GxA (Figura 2). Na literatura é recomendado que os primeiros componentes principais expliquem mais de 70% da soma dos quadrados da interação, para serem considerados satisfatórios (SILVA et al., 2011; PEREIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2003).

A partir da distância dos pontos representativos dos híbridos e ambientes ao escore zero foi possível verificar que os híbridos HS 0582 (G2), HS 0805 (G13), HS 0815 (G16), HS 0262 (G1), HS 0774 (G12), HS 0727 (G7) e HS 1171 (G23) apresentaram desempenho mais estável, contribuindo pouco para interação GxA (Figura 2). De acordo com Chaves (2001) híbridos posicionados mais próximos à origem dos eixos são considerados estáveis e com adaptabilidade geral, por interagirem menos com os ambientes. Porém, segundo Gonçalves e Fritsche-Neto (2012) esses genótipos só podem ser recomendados desde que apresentem desempenhos médios elevados. Dessa forma, pode-se recomendar HS 0805, HS 0815, HS 0262, HS 0774 e HS 0727, os quais apresentaram produtividade média de grãos acima de 6095,33 kg ha⁻¹ (Tabela 6).

Dos 34 híbridos avaliados, 28 representam os que mais contribuíram para a interação híbridos x ambientes, pois são os mais distantes da origem do biplot, portanto, mais instáveis. Todos os ambientes avaliados se encontram afastados da origem dos eixos e contribuíram para a interação HxA total. Da mesma forma, Costa (2010), avaliando diferentes tipos de híbridos quanto a adaptabilidade e estabilidade, também detectou híbridos amplamente adaptados aos ambientes teste pela análise AMMI2.

Para analisar a adaptabilidade dos genótipos em cada ambiente de cultivo, foram avaliados os sinais dos escores para híbridos e ambientes. De acordo com Duarte e Vencovsky (1999) quanto mais afastados da origem e próximos entre si, maior a interação positiva, indicando a adaptabilidade específica, ou seja, a proximidade dos escores de genótipos e ambientes indica onde os híbridos devem ser preferencialmente cultivados. Dessa forma, os híbridos HS 1109 (G21), HS 0724 (G6) e HS 1396 (G24) sobressaíram no ambiente Campo Mourão - PR, o qual foi considerado favorável por ambos os métodos anteriores (Figura 2). Nos demais locais, pode-se citar que os híbridos de melhor desempenho foram HS 0953 (G19), HS 0603 (G4) e P 30K73 (G34) em Paranagi - PR; HS 0811 (G14), HT 032 (G30) e HT 012 (G26) em Dourados - MS e HT 020 (G28) e HT 013 (G27) em Maracaju - MS. Faria (2016) avaliando 29 híbridos de milho em cinco ambientes, também identificou genótipos com adaptabilidade específica

aos locais estudados. Vale salientar que, de acordo com Faria (2016), a determinação do genótipo ideal está relacionada às maiores médias de produtividade e os menores valores de PC1, valores mais próximos de zero (Figura 3).

Os autores Alvarez e Eyhérbide (1996), citado por Costa (2010), subdividiram o biplot AMMI1 em quatro classificações de acordo com a interação

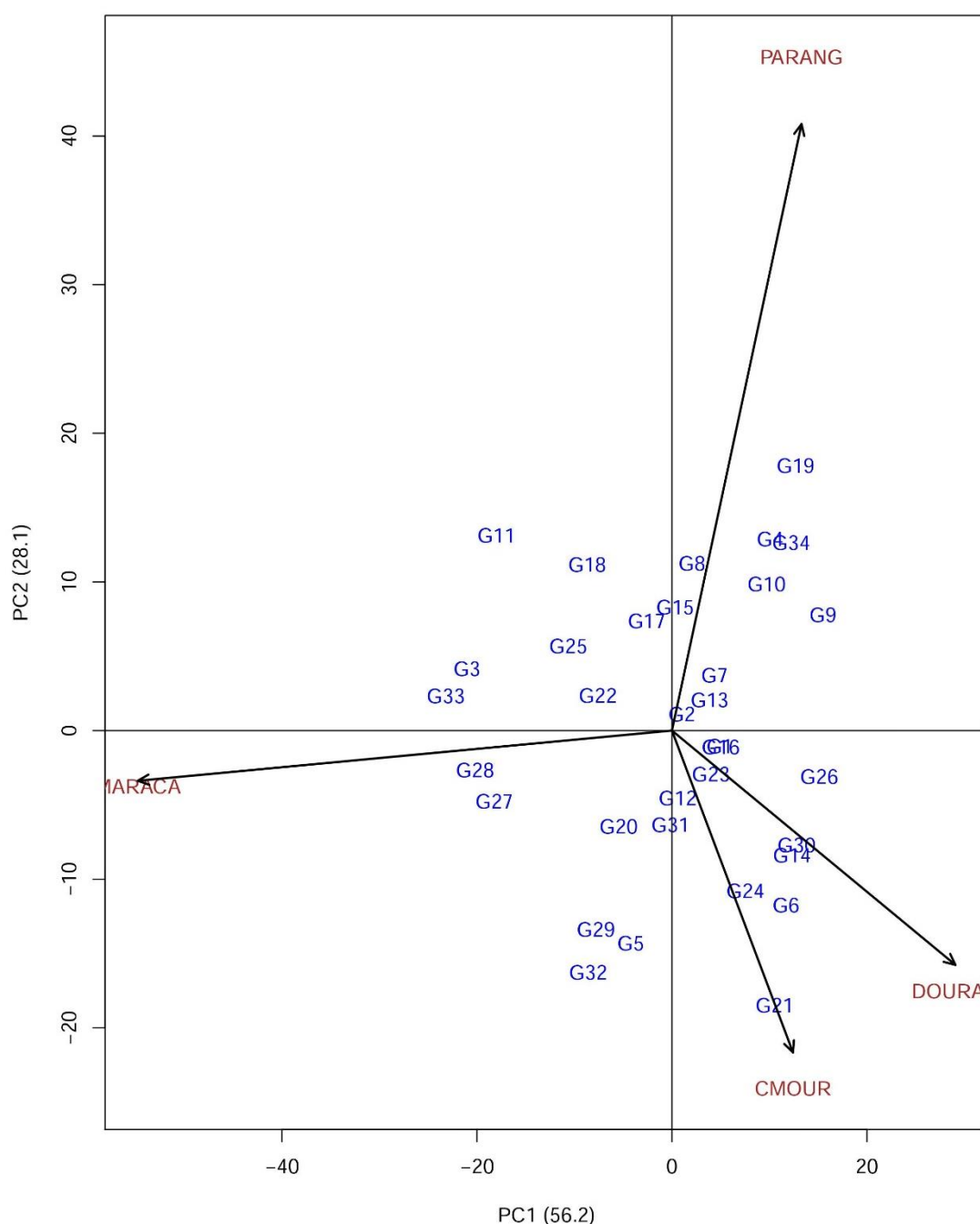


Figura 2. Biplot AMMI2 com os dois primeiros componentes principais de interação (PC1 e PC2) para os dados de produtividade de grãos em kg ha^{-1} de 31 híbridos pré-comerciais e 3 híbridos comerciais de milho avaliados em quatro locais na segunda safra 2011.

genótipos por ambientes: 1) com rendimentos médios elevados e baixa interação; 2) com baixo rendimento e estáveis; 3) com rendimentos elevados e maior interação e 4) com baixo rendimento e instáveis. Desta forma, os híbridos mais estáveis e de maior produtividade foram HS 0262 (G1), HS 0805 (G13), HS 0774 (G12), HS 0727 (G7) e HT 062 (G31). Com baixo rendimento e estáveis pode-se destacar HS 1171 (G23) e HS 0746 (G8). Entre os híbridos com rendimentos elevados e maior interação GxA pode-se citar DKB 330 (G33) e HS 1109 (G21), além do HS 0997 (G20), o qual apresentou a maior produtividade ($6754,75 \text{ kg ha}^{-1}$) mas que, porém, teve estabilidade intermediária e adaptabilidade específica ao ambiente Campo Mourão - PR. E dentre os genótipos com baixo rendimento e instáveis, destacaram-se HS 0953 (G19) e HS 0769 (G11) (Figura 3).

Entre os três métodos, o híbrido mais produtivo, estável e de ampla adaptabilidade recomendado pelas metodologias de Annicchiarico e Lin e Binns foi HS 0262, também indicado pelas análises AMMI1 e AMMI2. Os híbridos HS 0997, HS 0262 e HS 0832 foram recomendados para os ambientes desfavoráveis Paranagi - PR, Dourados - MS e Maracaju - MS pelos métodos Annicchiarico e Lin e Binns. Não houve recomendação pela metodologia de Annicchiarico para ambientes favoráveis. Os genótipos de piores desempenhos pelos três métodos foram HS 1171, HS 0769 e HS 0953, os quais não seriam de cultivo recomendado para qualquer ambiente.

Quanto a adaptabilidade e estabilidade, de forma geral, pode-se observar híbridos pré-comerciais com desempenho equivalente e até superior as testemunhas avaliadas. Como exemplo, as análises de Annicchiarico e Lin e Binns classificaram os híbridos HS 0997, HS 0262 e HS 0832 como mais estáveis e de maior adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis se comparados com as testemunhas. Da mesma forma, pelo método AMMI1 os genótipos HS 0262, HS 0805, HS 0474, HS 0727 e HT 062 foram classificados como mais estáveis e produtivos do que todas as testemunhas, as quais foram classificadas: como instável e pouco produtiva (P30K73) e instáveis, porém, de boa produtividade (AG 9010 PRO e DKB 330).

De acordo com os resultados, pode-se observar que é necessário utilizar-se de mais de um método de classificação para que seja feita uma recomendação mais eficaz do genótipo. Como descrito por Cruz C. et al. (2012), alguns métodos são alternativos, enquanto outros são complementares e quando usados conjuntamente fornecem dados mais consistentes. Além disso, a utilização pelos melhoristas de mais de um método de estimação dos parâmetros genéticos é uma alternativa a qual confere maior confiabilidade na leitura e interpretação dos dados que irão embasar uma posterior recomendação de

cultivares para uma determinada região (VASCONCELOS et al., 2015).

Devido à similaridade entre as classificações das análises de Annicchiarico e Lin e Binns, alguns autores, como Silva e Duarte (2006), Costa (2010), Pfann (2010), Menezes et al. (2015) e Silva et al. (2016), não recomendam o uso desses métodos simultaneamente. Entretanto, os mesmos autores concluem que o método Lin e Binns em

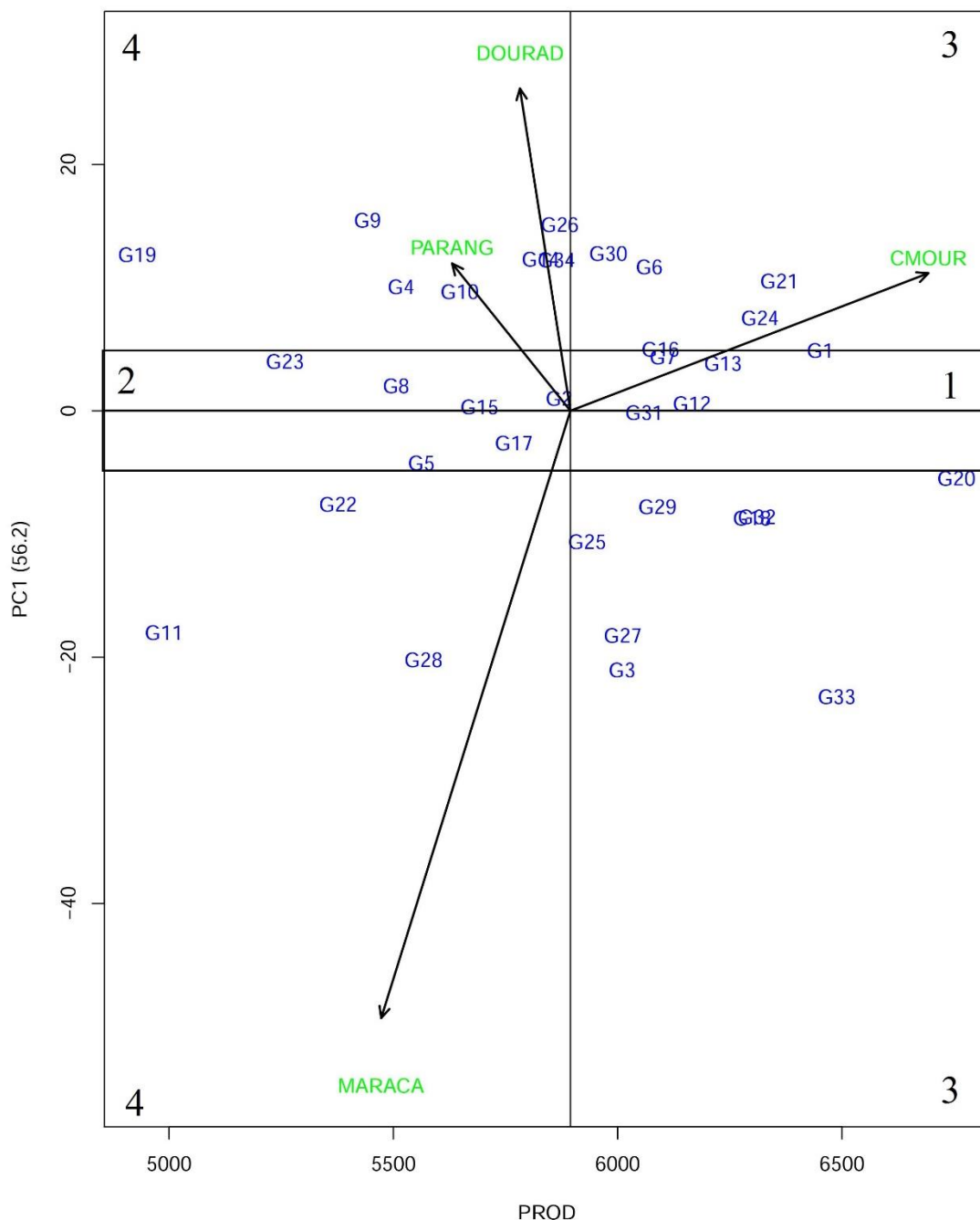


Figura 3. Biplot AMMI1 para os dados de produtividade de grãos em kg ha^{-1} de 31 híbridos pré-comerciais e 3 híbridos comerciais de milho avaliados em quatro locais na segunda safra de 2011. Os números de 1 a 4 representam as zonas de classificação dos híbridos.

associação ao AMMI trazem grandes benefícios aos estudos de adaptabilidade e estabilidade. O uso desses diferentes modelos de abordagem promove complementariedade dos dados por uma associação positiva entre os métodos, o que também pôde ser observado nesse estudo.

5. CONCLUSÕES

1. Existem híbridos pré-comerciais com desempenho igual ou superior aos híbridos comerciais testados nos quatro locais.

2. O híbrido HS 0262 foi recomendado para os quatro locais testados pelas três metodologias. Nas análises de Annicchiarico e Lin e Binns os híbridos HS 0997 e HS 0832 foram os mais estáveis e de maior adaptabilidade geral e específica a ambientes desfavoráveis. De acordo com o AMMI, os híbridos mais estáveis, adaptados e produtivos foram HS 0805, HS 0774 e HS 0727. Esses híbridos, portanto, podem ser recomendados para cultivo nos locais estudados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Embrapa Informática Agropecuária – Campinas, SP. 2016. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br>. Acesso em: 22.dez.2016.

ALVAREZ, M. del P.; EYHÉRABIDE, G. H. Estabilidad del rendimiento de cultivares de híbridos comerciales de maíz en el área de la EEA Pergamino. **Revista de Tecnología Agropecuaria**, v.1, p.17-21, 1996.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy. **Journal of Genetics and Breeding**, Roma, n. 1, v. 46, p. 269-278, 1992.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. C. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, MG: UFV. 525 p. 2005.

CARGNELUTTI FILHO, A.; PERECIN, D.; MALHEIROS, E. B.; GUADAGNIN, J. P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados à produtividade de grãos de cultivares de milho. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.571-578, 2007.

CELERES. **Informativo Céleres® IC16.08 | Milho Projeção de Safra 2016/17**. Boletim online, Uberlândia – MG, 2016. Disponível em: <http://www.celeres.com.br/ic16-08-projecao-de-safra-milho-agosto-2016/>. Acesso em: 10 dez. 2016.

CHAVES, L. J. Interação de genótipos com ambientes. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento de plantas**, p. 673-713, 2001.

COCHRAN, W. G. **Some methods for strengthening the common χ^2 tests**. **Biometrics**, 10, pp. 417 – 451, 1954.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2011 - 1º Levantamento - Setembro de 2011**. Brasília, 2011a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&ordem=M%EAs/Ano%20da%20publica%E7%E3o>. Acesso em: 17 jan. 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2015/16 - 12º Levantamento - Setembro de 2016**. Brasília, 2016a. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&ordem=M%EAs/Ano%20da%20publica%E7%E3o>. Acesso em: 07 nov. 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2016/17 - 1º Levantamento - Outubro de 2016**. Brasília, 2016b. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&ordem=M%EAs/Ano%20da%20publica%E7%E3o>. Acesso em: 07 nov. 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries Históricas de Área Plantada, Produtividade e Produção, relativas às Safras 1976/77 a 2015/16 de Grãos**. Brasília,

2016c. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&>. Acesso em: 10 nov. 2016.

COSTA, E. F. N. **Interação Genótipos x Ambientes em diferentes híbridos de milho**. Lavras - MG. 69 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, 2010.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2016.

CRUZ C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. V.1 - 4ª ed., p. 544 - Viçosa-MG: UFV, 2012.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; BORGHI, E.; SIMÃO, E. de P. **Quatrocentos e setenta e sete cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2015/16**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 28 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 184). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/140279/1/doc-184.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; GARCIA, J. C.; DUARTE, J. O. **Cultivo do Milho: Cultivares**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Sistema de Produção 1, 8ª edição, 2012. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/cultivares.htm. Acesso em: 12 nov. 2016.

DAHER, R. F.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, A. V.; LÉDO, F. J. S.; DAROS, M. Estabilidade da produção forrageira em clones de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.27, n.4, p.788-797, jul/ago., 2003.

DINIZ, R. P. **Adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho transgênicos e respectivos isogênicos não transgênicos**. Lavras – MG. 53 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) -Universidade Federal de Lavras, 2011.

DUARTE, J. B., VENCOSKY, R. **Interação materiais genéticos x ambientes: uma introdução à análise “AMMI”**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 60 p. (Série Monografia, n.9), 1999.

ECULICA, G. C. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de sorgo sacarino**. Viçosa - MG. vii, 50 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) -Universidade Federal de Viçosa, 2014.

FARIA, S. V de. **Adaptabilidade e Estabilidade de Híbridos Comerciais de Milho pelos Métodos de Eberhart & Russell, Centróide, AMMI e Modelos Mistos**. Viçosa - MG. x, 33 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2016.

FRITSCHÉ-NETO, R; MÔRO, G. V. Melhoramento genético: Tipos de Híbrido - Escolha do cultivar é determinante e deve considerar toda informação disponível. **Visão Agrícola**, USP/ESALQ, N°13 - Ano 9, p 12-15, Jul/Dez 2015.

FOX, P. N.; CROSSA, J.; ROMAGOSA, I. Multi-environment testing and genotype environment interaction. In: KEMPTON, R. A.; FOX, P. N. (Ed.). **Statistical methods for plant variety evaluation**. New York: Chapman & Hall, 1997. p. 117-138.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. AMMI analysis of yield trials. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. (Ed.) **Genotype-by-environment proved and under what conditions this can be most environment interaction**. Boca Raton, FL: CRC Press. p. 1-40, 1996.

GONÇALVES, F. M. A.; CARVALHO, S. P.; RAMAHLO, M. A. P.; CORREA, L. A. Importância das interações cultivares x locais e cultivares x anos na avaliação de milho na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.7, p.1175-1181, jul.1999.

GONÇALVES, M. C.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Tópicos especiais de biometria no melhoramento de plantas**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema 2012. 282p.: il.; 22cm. Viçosa -MG, 2012.

GRANATO, Í, S, C. **Interação genótipos x ambientes via GGE biplot/REML-BLUP em milho sob estresse nutricional**. Viçosa – MG. vii, 27f. 29 cm. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, , 2014.

GUIMARÃES, L. J. M. **Comunicado Técnico 182: Desempenho de Variedades de Milho: Ano Agrícola 2008/09**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo - MG, dez/2010. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2010/comunicado/CT_182.pdf. Acesso em: 06 mar. 2016.

KANG, M. S. Using genotype by environment interation for crop cultivar development. **Advence in Agronomy**, v. 62, p. 199 – 252, 1998.

KOPPEN, W. Das geographische System der Klimate. – KOPPEN, W., R. GEIGER (Eds.): **Handbuch der Klimatologie**. – Gebruder Borntrager, Berlin, 1, 1–44, part C, 1936.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 68, n. 3, p. 193-198, 1988.

MENEZES, C. B. de; RIBEIRO, A. S.; TARDIN, F. D.; CARVALHO, A. J. de; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; PORTUGAL, A. F.; SILVA, K. J. da; SANTOS, C. V.; ALMEIDA, F. H. L. de. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de sorgo em ambientes com e sem restrição hídrica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.14, n.1, p. 101-115, 2015.

MIRANDA, R. A.; DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C. **Economia da produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Disponível em: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/economia.htm. Acesso em: 9 nov de 2016.

OLIVEIRA, A. B.; DUARTE, J. B; PINHEIRO, J. B. Emprego da análise AMMI na avaliação da estabilidade produtiva em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.357-364, 2003.

OLIVEIRA, R. L. **Uso dos métodos AMMI e GGE biplot para análises de adaptabilidade e estabilidade de híbridos de milho e estratificação ambiental.** Lavras – MG. 55 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, 2009.

OLIVEIRA, E. J.; FRAIFE FILHO, G. A.; FREITAS, J. P. X. Desempenho produtivo e interação genótipo x ambiente em híbridos e linhagens de mamoeiro. **Bioscience Journal.** Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 402-410, 2014.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; DEL PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; COSTA, J. G. C.; DÍAZ, J. L. C.; RAVA, C. A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.374-383, 2009.

PFANN, A. Z. **Adaptabilidade e estabilidade de híbridos comerciais de milho na região Centro-Sul do Paraná na safra 2008/2009.** Guarapuava – PR. 54 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, 2010.

PINTO JÚNIOR, J. E.; STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V.; RONZELLI JÚNIOR, P. Avaliação simultânea de produtividade, adaptabilidade e estabilidade de *Eucalyptus grandis* em distintos ambientes do Estado de São Paulo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 53, p. 79-108, 2006.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2016.

RAMALHO, M. A.; FERREIRA D. F.; OLIVEIRA, A. C.; **Experimentação em Genética e Melhoramento de Plantas.** 3 ed. Lavras UFLA, 322 p., 2005.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações de Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas.** 1 ed. Lavras: UFLA, 522 p., 2012.

RESENDE, M. D. V. de. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 975 p., 2002

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

ROSADO, A. M.; ROSADO, T. B.; ALVES, A. A.; LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** Brasília, v.47, p.964-971, 2012.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A.D.F.; VIEIRA, J.V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p.494-501, 2011.

SILVA, K. J.; MENEZES C. B.; TARDIN, F. D.; SILVA, A. R.; CARDOSO, M. J.; BASTOS, E. A.; GODINHO, V. P. C. Seleção para produtividade de grãos, adaptabilidade e estabilidade de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.2, p. 335-345, 2016.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

SCOTT, A.; KNOTT, M. **Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance**. Biometrics, Washington D.C., v.30, n.3, p.507-512, 1974.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2016.

VASCONCELOS, F. M. T.; VASCONCELOS, R. A.; LUZ, L. N.; CABRALI, N. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. L.; SANTIAGO, A. D.; SGRILLO, E.; FARIAS, F. J. C.; FILHO, P. A. M.; SANTOS, R. C. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos eretos de amendoim cultivados nas regiões Nordeste e Centro-Oeste. **Ciência Rural**, v.45, p.1375-1380, 2015.

ZANCANARO, P. O. **Melhoramento Genético de Milho**. ESALQ. Piracicaba, 2013. Disponível em: http://www.genetica.esalq.usp.br/lgn0313/iog/Palestra_Melhoramento%20de%20Milho.pdf. Acesso em: 06 março de 2016.

USDA – United States Department of Agriculture. **Grain: World Market and Trade - October 2016**. Foreign Agricultural Service/USDA, Office of Global Analysis, 2016. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain.pdf>. Acesso em: 09 de novembro de 2016.

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