

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

JOÃO LUÍS BATISTA REZENDE

Potencial de seis variedades de milho para seleção recorrente

Ilha Solteira

2024

JOÃO LUÍS BATISTA REZENDE

Potencial de seis variedades de milho para seleção recorrente

Trabalho de Graduação apresentado à
Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-SP,
como parte dos requisitos para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador

Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade

Ilha Solteira

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

R467p Rezende, João Luís Batista.
Potencial de seis variedades de milho para seleção recorrente / João Luís Batista Rezende. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
32 f.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: João Antônio da Costa Andrade

Inclui bibliografia

1. Capacidade de combinação. 2. Dialelo. 3. Híbridos intervarietais. 4. *Zea mays*.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DEMESQUITA FILHO" FACULDADE
DE ENGENHARIA – UNESP – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**TÍTULO: "POTENCIAL DE SEIS VARIEDADES DE MILHO PARA SELEÇÃO
RECORRENTE".**

ALUNO: JOÃO LUÍS BATISTA REZENDE

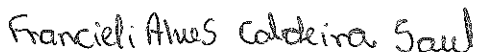
RA: 171051254

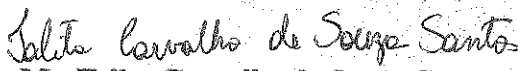
ORIENTADOR(A): PROF. DR. JOÃO ANTONIO DA COSTA ANDRADE

Aprovado (X) Reprovado () pela Comissão Examinadora com nota obtida: 8,5.

Comissão Examinadora:


Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade
Presidente (Orientador)


Ms. Francieli Alves Caldeira Saul


Ms. Talita Carvalho de Souza Santos

gov.br

Documento assinado digitalmente
JOÃO LUIS BATISTA REZENDE
Data: 11/12/2024 20:41:25-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

João Luís Batista Rezende
Aluno

Ilha Solteira (SP), 11 de dezembro de 2024.

Agradecimentos

À minha família por todo incentivo e apoio, meus amigos pelo companheirismo. A República Dz7 Alqueires pelo acolhimento.

Agradeço à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira-SP e aos professores, que transmitiram conhecimento e me guiaram durante a graduação.

Ao grupo de estágio em melhoramento genético de milho, pelo apoio na condução dos ensaios e pelo companheirismo na execução das atividades. E ao Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade pela orientação durante a graduação, pela paciência na execução das atividades e pelos ensinamentos.

Resumo

O milho é uma das culturas mais importantes produzidas no mundo, pelos seus aspectos alimentares e econômicos, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial deste cereal. O desenvolvimento e o aumento da produtividade deste grão são frutos do melhoramento genético que ao longo dos anos selecionou genótipos mais produtivos e resistentes principalmente a pragas e doenças. O objetivo do trabalho em questão foi verificar a potencialidade de variedades e híbridos intervarietais de milho para uso direto e em compostos para início de melhoramento genético. Os cruzamentos e o experimento de avaliação foram executados na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS. Foram utilizadas três populações experimentais (Composto Flintisa, IVD1 PROL 7 e Composto AG) e três variedades comerciais (AL Avaré, AL Piratininga e Robusto) na confecção de um dialelo completo. Os atributos analisados no experimento foram: Dias para florescimento feminino, altura de plantas; altura de espigas, porcentagem de plantas em pé; prolificidade e rendimento de grãos. Destacaram-se os híbridos das combinações IVD1 PROL7 x Composto AG para uso imediato; Robusto x Composto AG para seleção recorrente recíproca; Al Avaré e o Composto envolvendo Al Avaré e Robusto para seleção recorrente intrapopulacional.

Palavras-chave: Capacidade de combinação, Dialelo, Híbridos intervarietais, *Zea mays*.

Abstract

Corn is one of the most important crops produced in the world due to its nutritional and economic aspects, with Brazil being the third-largest producer of this cereal globally. The development and increase in productivity of this grain are the result of genetic improvement, which over the years has selected more productive and disease- and pest-resistant genotypes. The aim of this study was to assess the potential of maize varieties and intervarietal hybrids for direct use and in composites for the initial stages of genetic improvement. The crosses and evaluation experiment were conducted at the Teaching, Research, and Extension Farm of UNESP, Faculty of Engineering at Ilha Solteira, located in the municipality of Selvíria-MS. Three experimental populations (Flintisa Composite, IVD1 PROL 7, and AG Composite) and three commercial varieties (AL Avaré, AL Piratininga, and Robusto) were used to create a complete diallel. The attributes analyzed in the experiment were: days to female flowering, plant height, ear height, percentage of standing plants, prolificacy, and grain yield. The hybrids from the combinations IVD1 PROL7 x AG Composite for immediate use; Robusto x AG Composite for reciprocal recurrent selection; and AL Avaré and the composite involving AL Avaré and Robusto for intrapopulation recurrent selection stood out.

Keywords: Combining ability, Diallel, Intervarietal hybrids, Zea mays.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Esquema dialélico incluindo os seis genitores e seus híbridos intervarietais.....	19
Tabela 2	Quadrados médios da análise dialélica para os caracteres dias para florescimento feminino (DFF), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE), porcentagem de plantas em pé (PP), prolificidade (PRO) e rendimento de grãos (RG).....	22
Tabela 3	Capacidade geral de combinação dos seis parentais para os caracteres dias para florescimento feminino (DFF), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE), porcentagem de plantas em pé (PP), prolificidade (PRO) e rendimento de grãos (RG).....	23
Tabela 4	Capacidade específica de combinação para dias para florescimento feminino (DFF), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE), porcentagem de plantas em pé (PP), prolificidade (PRO) e rendimento de grãos (RG).....	24
Tabela 5	Médias e teste de Scott-Knott para dias para florescimento feminino (DFF), altura de plantas (AP), altura de inserção da espiga (AE), porcentagem de plantas em pé (PP), prolificidade (PRO) e rendimento de grãos (RG), das variedades e dos híbridos intervarietais.....	25

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
	2.1 A CULTURA DO MILHO	10
	2.2 MELHORAMENTO GENÉTICO NA CULTURA DO MILHO (ZEA MAYS L.)	11
	2.3 DIALELOS.....	12
	2.4 HETEROSE	15
	2.5 VARIEDADES DE MILHO	17
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.	CONCLUSÕES	26
6.	REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

O milho é um cereal de essencial importância para alimentação humana e animal. Sua origem ocorreu na América Central, mais especificamente na região do México, a partir da domesticação e seleção humana ocorridas com populações de teosinte (Garcia et al., 2006). Esse cereal é de grande importância mundial, devido a aspectos como alimentação e economia. O Brasil está entre os maiores produtores desse grão, ficando na terceira colocação atrás de Estados Unidos e China (USDA, 2023). Programas de melhoramento genéticos são importantes para auxiliar o incremento da produção e o maior aproveitamento de terras agricultáveis, estando diretamente ligados ao abastecimento alimentar mundial. Na cultura do milho não foi diferente, pois no começo do cultivo desse cereal os processos utilizados para obter uma maior produtividade eram apenas seleção e multiplicação dos melhores indivíduos pela seleção massal. A partir da descoberta do milho híbrido por Shull (1908), ocorreu um aumento expressivo na produtividade. Com o desenvolvimento de estudos relacionados à heterose (diferença da geração F_1 em relação a seus genitores) foi possível o desenvolvimento de programas de melhoramento mais eficazes e menos onerosos.

É de comum consentimento que a obtenção de híbridos de elite está altamente correlacionada com populações parentais, visto que a partir destas são obtidas as linhagens que vão compor este. A primeira etapa de um programa de melhoramento é a obtenção de populações bases, com ampla base genética. Essas populações podem ser melhoradas por seleção recorrente para então serem fontes de linhagens puras, por sucessivas autofecundações para ocorrer a fixação do genótipo e concentração de alelos positivos. Nessa etapa ocorre a seleção de características fenotípicas pré-definidas pelo programa de melhoramento e, posteriormente, são realizados os cruzamentos gerando diversos híbridos.

Buscando resultados em menos tempo e com menor custo, melhoristas estão se baseando em populações obtidas a partir de híbridos e variedades de alto rendimento. Essas possuem características as quais já foram avaliadas, selecionadas e que estão correlacionadas a uma maior produção de grãos ou à adaptação de uma prole a um ambiente específico.

A avaliação da capacidade de combinação e o potencial “per se” de populações para escolha de compostos e materiais que se cruzam bem para programas de

seleção recorrente recíproca, se faz necessário. O dialelo é uma ferramenta empregada para avaliar um agrupamento de híbridos, derivados do cruzamento de um grupo de populações parentais, que podem ser variedades, linhagens ou clones. Embora o mais comum seja a avaliação dos cruzamentos simples, podem ser incluídos os recíprocos, retrocruzamentos e geração F_2 , de acordo com os objetivos do estudo e com as possibilidades de obtenção do dialelo e sua avaliação. Esse tipo de estudo permite obter informações sobre a capacidade geral e específica de combinação, permitindo identificar a ação gênica predominante e o potencial heterótico dos materiais (Hallauer; Carena; Miranda Filho, 2010).

Griffing (1956) desenvolveu metodologias que possibilitaram obter estimativas relacionadas a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). Com essas metodologias é possível obter informações sobre concentração de genes favoráveis com efeitos aditivos e não aditivos para determinados caracteres. Gardner e Eberhart (1966) propuseram a metodologia na qual é possível estimar os efeitos de variedades e de heterose varietal. O método proposto Hayman (1954) fornece dados sobre herança do caráter em estudo, padrões genéticos dos parentais e limite de seleção.

Objetivou-se com esse trabalho verificar a potencialidade de variedades e híbridos intervarietais de milho para uso direto, para formação de compostos para início de seleção recorrente intrapopulacional e identificação de cruzamentos intervarietais para seleção recorrente recíproca.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho

A origem do *Zea mays L.* foi registrada cerca de 7 a 10 mil anos atrás no México, na América Central. Entretanto, sua evolução ainda é bastante discutida, com várias teorias com o intuito de explicar, mas, a teoria que é mais aceita é a que relaciona a ascendência do milho com o teosinte, que é uma planta do tipo gramínea com várias espigas, mas sem sabugo, que possui compatibilidade com o milho, podendo realizar cruzamentos de forma natural, produzindo descendentes férteis (Galinat, 1995).

É uma gramínea da família *Poaceae*, tribo *Maydeae*, espécie diplóide ($2n=20$), monóica e alógama, sendo considerado uma planta de ciclo vegetativo de cerca de 120 dias, podendo variar, de acordo com a caracterização dos genótipos, em super precoce, precoce e tardio. Os ciclos podem variar de acordo com a temperatura. Deste modo, quando sujeito a temperaturas médias maiores que 20°C no período de crescimento, o ciclo das cultivares precoces podem variar de 80 a 110 dias e o das cultivares de ciclo médio, de 110 a 140 dias, para alcançar a maturidade fisiológica. Em relação às temperaturas médias inferiores a 20°C, o seu ciclo tem um acréscimo de 10 a 20 dias para cada 0,5 °C de diminuição de temperatura, dependendo da cultivar (Rezende *et al.*, 2004). O sistema radicular é fasciculado com raízes adventícias, colmo ereto e cilíndrico sem ramificações e folhas dispostas alternadamente. Sua altura varia entre 1 a 4 m (Rosa, 2019).

A cultura é produzida na safra de verão (primeira safra) que corresponde ao período de semeadura entre os meses de setembro e dezembro e colheita entre março e abril, e na chamada safrinha ou segunda safra, com semeadura de janeiro a março, visando a prática de sucessão de cultura, principalmente com a soja (Sanches; Alves; Barros, 2018; Souza; Silveira; Ballini, 2023). O cultivo do milho é adaptado a diversos perfis produtivos, atendendo desde o pequeno até o grande produtor, para produção tanto de silagem quanto de grãos, em regiões de clima quente a frio, sendo o nível técnico adotado e os fatores ambientais, condições importantes que influenciam na produtividade (Artuzo *et al.*, 2019).

O milho possui grande destaque econômico no cenário agrícola, em decorrência da sua posição como um dos principais cereais cultivados no mundo, com

destaque para os Estados Unidos, China e Brasil, considerados seus principais produtores mundiais (Conab, 2018). Tem a capacidade de fornecer variados produtos, tanto para a alimentação humana quanto animal, matérias primas para as agroindústrias, principalmente por causa da quantidade de reservas acumuladas em seus grãos e na produção de etanol. Quanto ao mercado para consumo humano, embora ainda seja considerado pequeno, é promissor, pois atualmente o cultivo de milho verde ocorre no ano todo, inclusive sob condições irrigado.

Uma das commodities agrícolas de maior destaque nacional e internacional no mercado, o milho tem a sua maior parcela de produção mundial destinada à ração animal, figurando entre os principais cereais consumidos, garantindo assim papel importante para a segurança alimentar (Artuzo *et al.*, 2019). A produção total do milho no Brasil alcançou a marca de 115.702,2 milhões de toneladas na safra de 2023/2024, número que demonstra um decréscimo de 12,3% em relação ao ano anterior, como também uma redução de 5,4% na área de cultivo, culminando em uma queda de 7,2% na sua produtividade, a previsão para a safra 2024/2025 é de 119.739,1 milhões de toneladas. Com isso, irá ocorrer uma queda no volume de exportação, estimada em 36 milhões de toneladas entre fevereiro de 2024 e janeiro de 2025, 34,4% menor do que o valor estimado na safra de 2022/23 (Conab, 2024).

2.2 Melhoramento genético na cultura do milho (*Zea mays* L.)

O melhoramento genético é um dos principais fatores do sucesso e desenvolvimento da cultura do milho, atrelado ao aumento de produtividade. No decorrer dos anos foi se formando e selecionando, basicamente, genótipos mais produtivos e resistentes às condições bióticas e abióticas desfavoráveis, como pragas e doenças, como também, condições climáticas adversas, sendo necessário a utilização das mais diversas técnicas de avanço de gerações, seleções, cruzamentos controlados, análise de dados, etc. Com isso, o melhoramento de populações da cultura do milho tem por objetivo aumentar a frequência de alelos favoráveis para características de interesse nestas populações, utilizando diferentes métodos de seleção (Paterniani; Viégas, 1987; Bueno *et al.*, 2006).

A tomada de decisão fundamental, no início de um programa de melhoramento genético, é a formação e seleção das populações que serão utilizadas no programa, pois destas populações serão extraídas as linhagens superiores. Deste modo, devem

conter os alelos favoráveis para caracteres de interesse. É desta seleção das populações-base que todo o programa de melhoramento genético de milho se inicia. (Hallauer; Carena; Miranda Filho, 2010). Portanto as populações base devem possuir variação genética que consiga proporcionar a aplicação dos métodos de melhoramento, incluindo seleção de genótipos promissores, para que o melhorista consiga alcançar o objetivo final dentro do programa de melhoramento.

Descrito por Borém e Miranda (2013), o ideótipo do milho possui características que conferem o máximo potencial produtivo. Ou seja, são desejadas folhas verticais posicionadas acima da espiga, e folhas horizontais localizadas abaixo da espiga; máxima eficiência fotossintética; eficiente transporte de produtos da fotossíntese para os grãos; pequeno intervalo de tempo entre a deiscência do pólen e a emergência dos estilo-estigmas; maior número de espigas; pequeno tamanho do pendão; insensibilidade à fotoperíodo. Também, o genótipo deve possuir outras qualidades agronômicas indispensáveis, como relativa resistência a doenças, alta qualidade de grãos e produtividade, etc.

Um dos grandes propósitos de um programa de melhoramento genético é conseguir obter híbridos comerciais de alta produtividade, entre outras características como resistência a pragas e doenças. Para que isso ocorra, as principais atividades dentro do programa são voltadas para a obtenção de linhagens e a avaliação do comportamento em combinações híbridas (Lemos *et al.*, 2002).

No programa de melhoramento genético, se faz indispensável a compreensão dos componentes da capacidade combinatória no momento da escolha de genitores geneticamente divergentes envolvidos em esquemas de cruzamento, especialmente quando é desejado a identificação de híbridos promissores ou o desenvolvimento de linhagens superiores a partir destes híbridos (Allard, 1956). Estimativas de parâmetros genéticos podem auxiliar na seleção de genitores, na predição de médias de compostos e cruzamentos não realizados.

2.3 Dialelos

Quando se inicia um programa de melhoramento genético em plantas, o principal fundamento se dá pela escolha dos pais para obtenção de populações de uma ampla base genética onde irá ocorrer a seleção. Com isso, é necessário que se

tenha uma boa média e uma ampla variabilidade genética para o caractere de interesse.

As técnicas que envolvem os cruzamentos dialélicos são amplamente utilizadas nos estudos voltados para a herança quantitativa. Miranda Filho (1974) evidencia que os cruzamentos dialélicos fornecem tanto os dados que permite a predição das médias, como também, constituem em uma metodologia adequada para que se tenha o conhecimento das propriedades intrínsecas do material em estudo.

O termo dialelo completo expressa o conjunto de $p(p-1)/2$ híbridos, que é o resultado do cruzamento entre p genitores, podendo ser linhagens, clones, variedades, entre outros, e pode incluir além dos respectivos pais, os híbridos recíprocos e ou de outras gerações que são relacionadas como F_2 , retrocruzamento, etc (Cruz e Regazzi, 1997). De acordo com Cruz e Regazzi, as metodologias da análise dialelica possui por objetivo analisar o delineamento genético, promovendo estimativas de parâmetros úteis e entendimentos dos efeitos genéticos que estão envolvidos na determinação dos fenótipos dos caracteres.

Três metodologias são comumente utilizadas para análise dos dialelos. A de Griffing (1956), onde são estimados os efeitos e as somas de quadrados de efeitos da capacidade geral e específica de combinação e a de Gardner e Eberhart (1966) que propõe a avaliação dos efeitos de variedades e heterose varietal. No método de Hayman (1954) são fornecidas informações sobre o mecanismo básico de herança do caractere de interesse, valores genéticos dos genitores e o limite de seleção (Cruz e Regazzi, 1997).

Os esquemas dialélicos podem ser agrupados em: dialelos balanceados, dialelos parciais, dialelos circulantes, dialelos incompletos e os dialelos desbalanceados. Este ainda pode ser denominado como completos ou de meia-tabela e nele se inclui os híbridos F_1 entre todos os pares de combinações dos genitores, que pode incluir os genitores, seus híbridos recíprocos e, em alguns casos, outras gerações que estão relacionadas, como por exemplo as gerações F_2 , retrocruzamentos, etc. A desvantagem se dá pela limitação que acaba sendo proporcionada pelo estudo de um elevado número de genitores e suas combinações híbridas (Cruz e Regazzi, 1997).

Griffing (1956) define como cruzamento dialélico cruzamentos de um conjunto de n^2 possíveis genótipos que são obtidos a partir de n linhas puras, onde estariam contidas: a) as próprias linhas puras; b) os $n(n-1)/2$ híbridos F_1 ; e c) um conjunto de

$n(n-1)/2$ híbridos F_1 recíprocos. Com esses dados é possível formar a tabela dialélica composta pelas n^2 médias que são obtidas dos cruzamentos dialélicos ou das gerações mais avançadas. Ainda o autor considera outros três tipos de tabelas dialélicas que são derivadas da anterior pela supressão de alguns de seus elementos, como os cruzamentos recíprocos, os parentais e os parentais e recíprocos. Vale considerar que estes esquemas também podem ser usados para parentais que não são linhagens puras.

Gardner (1965) e Gardner e Eberhart (1966) ainda apontam um método para análises de tabelas dialélicas mais aplicado para variedades e compostos, explorando a decomposição da heterose, além dos efeitos de variedades, que se correlacionam com a CGC dos esquemas de Griffing (1956). Na intenção de reverter a limitação que existia em um grande número de cruzamentos e materiais a serem avaliados, Miranda Filho e Geraldi (1984) sugeriram uma adaptação no modelo completo de Gardner e Eberhart (1966) para a análise e a estimativa dos parâmetros de cruzamentos dialélicos parciais entre dois grupos distintos de variedades, conseguindo obter uma avaliação de um maior número de materiais, utilizando o mesmo esforço empregado em cruzamentos dialélicos completos.

A análise de cruzamentos dialélicos se torna uma das técnicas genético-estatísticas mais apropriada em decorrência da gama de informações genéticas que ela fornece ao melhorista (Cruz, 1990; Cruz e Regazzi, 1997). Na análise, se objetiva estimar os parâmetros úteis para a seleção dos genitores, como também, para a compreensão dos efeitos genéticos que estão envolvidos na determinação dos caracteres (Machado, 2007).

Uma das alternativas para a escolha dos pais, se baseiam na análise do comportamento isolado e no resultado dos cruzamentos dialélicos. Em cruzamentos dialélicos, se pode identificar os parentais considerados mais promissores, baseado na capacidade específica de combinação e a capacidade geral (Griffing, 1956) ou os componentes da heterose (Gardner; Eberhart, 1966). Porém, este processo sofre com algumas limitações como a necessidade de realização de um grande número de cruzamentos manuais e condução de experimentos que envolvem um número excessivo de híbridos. Pensando nisso Kempthorne; Curnow (1961) propuseram o dialelo circulante que é uma metodologia para obter os mesmos parâmetros do dialelo completo, mas avaliando apenas uma amostra dos cruzamentos possíveis. Essa ideia foi estendida para os dialelos parciais, criando o esquema de dialelo parcial circulante

(Miranda Filho; Vencovsky, 1999), em que também é avaliada uma amostra dos cruzamentos entre dois grupos de genitores. Esses esquemas permitem aumentar consideravelmente o número de parentais avaliados em um dialelo.

2.4 Heterose

Conhecer o potencial genético das populações, comportamento per se ou em cruzamentos são informações essenciais dentro de um programa de melhoramento genético, quando se tem o objetivo de desenvolver cultivares superiores (Silva; Miranda Filho, 2003). Shull (1909) definiu que a heterose é o vigor do híbrido manifestado nas gerações heterozigotas que são derivadas de um cruzamento entre indivíduos endogâmicos e geneticamente diferentes. Ou seja, é a superioridade do híbrido em relação à média dos seus pais, podendo ser observada em vários caracteres, como produtividade, altura de planta, competitividade, entre outros (Destro e Montalván, 1999; Borém; Miranda, 2013).

Um dos objetivos do melhoramento genético em milho é explorar a máxima heterose, ou seja, quando o resultado do cruzamento apresenta performance superior à média dos pais. Como, em termos de valores fenotípicos quantitativo, a heterose pode ser negativa para alguns caracteres, como por exemplo o tempo de florescimento em milho, uma maneira mais precisa de definição é como sendo a diferença entre o fenótipo do híbrido e a média dos fenótipos dos pais. A diferença entre o fenótipo do híbrido e o fenótipo do melhor pai é definida como heterobeliose. Para que isso ocorra, é necessário que os genitores sejam diferentes para os locos que controlam o caractere de interesse e que se tenha interação alélica de dominância nesses locos. A epistasia também colabora para o aumento da heterose.

A compreensão da heterose é o que acaba norteando as aplicações de métodos de melhoramento e seleção, como também, o produto comercial que deve ser desenvolvido, utilizando os conhecimentos da heterose, explorando-se a formação de híbridos resultantes do cruzamento de duas ou mais linhagens endogâmicas contrastantes para aqueles caracteres de interesse (Fehr, 1987).

Em um programa de melhoramento genético se tem explorado bastante a heterose, especialmente quando se fala em programas de melhoramento em milho híbrido, mas se tem aumentado também seu uso em variedades e híbridos intervarietais. Segundo Paterniani (1967), as variedades apresentam uma grande

capacidade de adaptação e estabilidade. Beal (1880), citado por Jugenheimer (1958), foi o pioneiro no uso de híbridos intervarietais de milho a partir da década de 1940.

Levando em consideração apenas um loco com dois alelos, a heterose pode ser decomposta em: $h = \delta \cdot y^2$, onde δ é o desvio dos heterozigotos em relação à média da população e y mede a diferença nas frequências alélicas das duas populações, ou seja, a divergência genética entre as mesmas (Falconer, 1989). Entretanto, essa expressão só irá ocorrer caso se tenha alguma dominância e as populações forem divergentes. Mas deve ser considerado o fato de a dominância gênica ser bidirecional, ou seja, se ocorrer em alguns locos a dominância em direções opostas, os seus efeitos irão tender a se anular. Deste modo, não se conseguirá observar nenhuma heterose, mesmo existindo a dominância nos locos individuais. Nesse caso, a variabilidade genética é condição de extrema necessidade para que ocorra a heterose de forma significativa, porém não é uma condição suficiente para garanti-la.

Deste modo, a heterose se dá pela diferença de frequências alélicas dos materiais envolvidos nos cruzamentos. Com isso, se espera que quanto maior for essa divergência maior será a heterose.

A hipótese da dominância, para explicar a heterose considera que os alelos dominantes são favoráveis ao vigor e os alelos recessivos são desfavoráveis. Nessa hipótese, a heterozigozidade não é considerada uma condição essencial para que a heterose se manifeste e existe a possibilidade de ocorrer indivíduos homozigotos vigorosos tanto quanto os heterozigotos. A grande dificuldade é conseguir homozigose favorável para muitos locos ao mesmo tempo. Então, com a dominância, os cruzamentos entre genótipos contrastantes permitem conseguir mais locos com combinações favoráveis, mesmo sendo heterozigoto. A hipótese da sobredominância leva em consideração a existência de superioridade dos locos heterozigotos em relação aos homozigotos. Então a condição de heterozigozidade é essencial para que o vigor se manifeste (Hallauer; Carena; Miranda Filho, 2010).

Na cultura do milho, quando o objetivo é a produção de híbridos, geralmente se escolhe duas populações que apresentam uma alta capacidade específica de combinação. A heterose ou a capacidade específica do cruzamento entre as duas populações norteia a escolha dos genitores, com preferência em genitores divergentes e já adaptados (Silva, 1996; Spaner; Brathwait; Mather, 1996; Abreu, 1997; Dias; Kageyama, 1997).

A heterose ainda pode ser considerada como um fenômeno oposto à depressão que ocorre pela endogamia, pois linhas endogâmicas quando cruzadas, ocasiona um aumento dos fenótipos para caracteres cujos fenótipos foram reduzidos pelas autofecundações sucessivas (Falconer, 1989). A heterose tem sido explorada em programas de melhoramento de milho híbrido, pois permite a identificação de populações divergentes que irão servir de base para o desenvolvimento de linhagens endogâmicas que serão utilizadas mais tarde em cruzamentos (Silva e Miranda Filho, 2003).

Entre as vantagens que a heterose permite, as duas de maior interesse são o aumento na produtividade e a oportunidade comercial, permitindo desenvolver um produto que irá ser adquirido todo ano pelo produtor rural (Fehr, 1987; Bueno *et al.*, 2006).

2.5 Variedades de milho

Atualmente, comercialmente existem híbridos e variedades de milho. Geralmente os híbridos são indicados em sistemas mais tecnificados, com uso de alta tecnologia, podendo ser híbrido simples, onde ocorre o cruzamento entre duas linhagens puras, duplos, caracterizados pelo cruzamento entre dois híbridos simples ou triplos, que são o cruzamento entre uma linhagem pura e um híbrido simples. As variedades são indicadas nas lavouras menos tecnificadas, obtidas por polinização natural por meio da seleção de grupos de plantas com as características de interesse, apresentando variabilidade, mas com características gerais comuns (Cruz *et al.*, 2010).

Pinheiro *et al.* (2021) afirmam que a cultivar utilizada é responsável pela maior parte da produtividade, chegando em pelo menos metade do valor, fazendo com que a escolha seja uma decisão muito importante e complexa, pois são diversos fatores que estão envolvidos, indo desde as características do material até o meio de produção que se está inserido, sendo necessário reunir o máximo de informação possível.

Variedades de polinização aberta (VPAs) são uma mistura estável de indivíduos geneticamente diferentes, com locos homozigotos e heterozigotos, que permitem uma maior capacidade de adaptabilidade em condições adversas, garantindo uma maior estabilidade da produtividade. Tudo isso em decorrência da sua

ampla base genética, concedendo uma maior variabilidade. (Munarini, 2013; Pinheiro *et al.*, 2021).

De modo geral, as VPAs têm um menor potencial quanto ao rendimento de grãos se comparadas aos melhores híbridos que são obtidos do cruzamento entre linhagens puras, mas sua vantagem está relacionada à sua base genética. Além do mais, essas variedades melhoradas atuais chegam a atingir cerca de 80% da produtividade dos híbridos, reduzindo essa diferença em condições não favoráveis, evidenciando sua rusticidade (Munarini, 2013).

Em seu trabalho, Patzlaff *et al.* (2020), concluiu que as três variedades de milho desenvolvidas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), apresentaram uma boa produção e qualidade de silagem, evidenciando ser uma alternativa para produtores familiares, de produção orgânica e em transição, possuindo a vantagem da redução da dependência dos recursos externos em decorrência da possibilidade de retenção da semente aos menores custos. Araújo *et al.* (2013), afirmam que é economicamente viável a técnica de utilização de variedades de milho melhoradas para a produção de grãos, em determinadas condições.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi executado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP – Campus de Ilha Solteira, na região leste de Mato Grosso do Sul no município de

Selvíria- MS. A área está localizada nas seguintes coordenadas: latitude 20° 20' Sul; longitude 51° 24' Oeste; e altitude média de 360m. O solo do local é caracterizado como Latossolo Vermelho Distrófico textura argilosa (Santos *et al*, 2011). A região é classificada climaticamente com Aw segundo Koppen (2004), representando um clima tropical de invernos secos e verões chuvosos. A temperatura média no Bolsão Mato Grosso do Sul, onde se localiza Selvíria é de 24,5°, com pluviosidade anual média de 1435 mm (EMBRAPA, 2015).

Utilizaram três populações experimentais (Composto Flintisa, Isanão VD1 PROL 7 e Composto AG) e três variedades comerciais (AL Avaré, AL Piratininga e Robusto).

Os seis materiais foram multiplicados com polinização manual, dentro de cada um, no segundo semestre/2019. No primeiro semestre/2020 os mesmos foram cruzados em esquema dialélico completo, que resultou em 15 cruzamentos, conforme Tabela 1. Para obter os cruzamentos, a semeadura ocorreu aos pares em linhas de 10 m, semeadas em duas épocas (5 m em cada época), com intervalo de sete dias. Também foram semeadas mais duas linhas de cada genitor para realizar a multiplicação dos mesmos por “sib”.

Tabela 1. Esquema dialélico incluindo os seis genitores (diagonal) e seus híbridos intervarietais.

Genitores	1	2	3	4	5	6
1	Y₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₁₄	Y ₁₅	Y ₁₆
2		Y₂₂	Y ₂₃	Y ₂₄	Y ₂₅	Y ₂₆
3			Y₃₃	Y ₃₄	Y ₃₅	Y ₃₆
4				Y₄₄	Y ₄₅	Y ₄₆
5					Y₅₅	Y ₅₆
6						Y₆₆

* - 1 – AL Avaré; 2 – Composto Flintisa; 3 – AL Piratininga; 4 – Isanão VD1 PRO 7; 5 – Robusto; 6 – Composto AG

Fonte: Adaptado de Cruz e Regazzi (1997).

Os 21 tratamentos foram avaliados em um ensaio em blocos ao acaso, com quatro repetições, na primeira safra 2020/21. A parcela experimental foi composta por quatro linhas de 5 metros espaçadas de 0,85 m, com cinco plantas por metro, sendo necessário semear 10 sementes por metro, necessitando o desbaste no estágio de

cinco folhas desenvolvidas para chegar à população desejada de aproximadamente 58.800 plantas por ha.

A adubação de semeadura foi realizada com 250 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 e a adubação em cobertura foi realizada com 230 kg ha⁻¹ de ureia incorporada, no estádio de seis folhas desenvolvidas do milho.

O manejo e controle de plantas invasoras foi feito com dessecação pré-semeadura com glifosato (2,5 kg ha⁻¹) e 2,4 D (550 mL/ha⁻¹) e aplicação de Tembotrione (100 g ha⁻¹) mais atrazina (2 L ha⁻¹) em pós emergência do mato de da cultura quando o milho estava com cinco folhas desenvolvidas.

Para controle de lagarta do cartucho foi feita uma aplicação de Triflumuron 480 g/L na dose de 100 ml/ha e Metomil 215 g/L na dose de 900 ml/ha. Na segunda aplicação foi utilizado Metomil 215 g/L na dose de 1 L/ha e Triflumuron 480 g/L na mesma dose da primeira aplicação.

Para a mensuração dos dados, foram utilizadas as duas linhas centrais de cada parcela, colhidas manualmente e coletados os dados para os seguintes caracteres:

- a) Dias para florescimento feminino (DFF): Número de dias da semeadura até que 50% das plantas de cada parcela tivessem antese visíveis
- b) Altura de plantas (AP) – Obtida pela média de cinco plantas competitivas por parcela, medidas em metros, do nível do solo ao final da bainha da folha bandeira;
- c) Altura de espigas (AE) – Mensurada do intervalo entre o nível do solo e a inserção da espiga superior (média de cinco plantas competitivas da parcela em metros);
- d) Estande final (EF) - Resultante do número total de plantas da área útil de cada parcela no momento da colheita;
- e) Porcentagem de plantas em pé (PP) – Total de plantas da área útil da parcela formando ângulo menor que 20° com a vertical, transformado em porcentagem do estande final;
- f) Número de espigas por parcela (NE) – Total de espigas colhidas na área útil de cada parcela;
- g) Prolificidade (PRO=NE/EF) - número médio de espigas por planta;
- h) Umidade dos grãos (U) – Obtida com medidor eletrônico, em porcentagem, em base úmida;

i) Massa de grãos (MG) – Massa total dos grãos das espigas colhidas na área útil da parcela em kg.

Procedeu-se, em seguida, a análise estatística convencional e a análise dialélica, considerando modelo fixo para as variáveis DFF, AP, AE, PP, PRO e rendimento de grãos (RG). O RG resultou da MG corrigida para umidade uniforme de 13% (base úmida), estande ideal de 50 plantas por parcela e convertido para kg ha⁻¹.

A análise inicial de variância e a análise dialélica, seguindo o modelo II de Griffing (1956), em que se tem genitores e F₁s, foram realizadas utilizando o programa Genes (Cruz, 2013). Tal modelo considera que a média do híbrido ou genitor (Y_{ij}) é expressa pela soma da média geral (m), dos efeitos da CGC do i -ésimo e j -ésimo genitor (g_i, g_j), do efeito da CEC do cruzamento entre os genitores i e j (s_{ij}) e do erro experimental médio (e_{ij}), ou seja: $Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$.

Os valores de heterose ($h = F_1 - (P_1 + P_2)/2$) foram estimados de modo a orientar na escolha das melhores populações para obter híbridos intervarietais ou indicação de cruzamentos promissores para seleção recorrente recíproca. Por fim, para comparação do desempenho per se dos tratamentos, foram aplicados os testes de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de variação (Tabela 2) tem variações de médio (PRO) para baixo (DFF, AP, AE, PP, RG), conforme a interpretação de Pimentel-Gomes (1985). Todos os caracteres apresentaram significância para Capacidade Geral de Combinação (CGC) e tratamentos, assim como ocorreu para Gonçalves (2011) que, avaliando híbridos de linhagens experimentais em duas safras, observou que os quadrados médios para a CGC dos dois grupos de linhagens, foram significativos para todos os caracteres, denotando a existência de variação resultante da ação de efeitos aditivos na expressão gênica em ambos os grupos.

Tabela 2. Quadrados médios da análise dialélica para os caracteres dias para florescimento feminino (DFF), altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira espiga (AE), porcentagem de plantas em pé (PP), prolificidade (PRO) e rendimento de grãos (RG).

Fontes de Variação	GL	DFF	AP (m)	AE (m)	PP (%)	PRO	RG (kg ha ⁻¹)
Blocos	3	4,28**	73,08**	19,71**	17,80*	0,0093**	448162**
Tratamentos	19	14,49**	1696,66**	1011,08**	53,10*	0,6686**	6597241**
CGC	5	31,40**	3565,22**	2144,12**	103,49**	0,1795**	3369951**
CEC	15	8,85**	1073,80**	633,40**	36,30 ^{ns}	0,0293 ^{ns}	7673004**
Resíduos	57	1,91	95,05	69,26	28,92	0,0225	263604
CV (%)		2,71	4,41	6,88	5,67	13,60	7,51
Médias		5,812	221,04	122,26	94,796	1,11	6864,8

* e **: significativo a 5 e a 1 % de probabilidade pelo teste F; CGC: Capacidade Geral de Combinação; CEC: Capacidade Específica de Combinação.

Em relação a CEC os caracteres PP e PRO não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, o que indica que as combinações não divergem do esperado com base na CGC devido aos efeitos não aditivos envolvidos no controle destas características. Para Lima (2021), que testou a capacidade de combinação específica de linhagens de milho verde e o desempenho de híbridos topcrosses, os efeitos significativos foram demonstrados para as características florescimento masculino, produtividade de espigas e de grãos.

Somente os parentais Composto Flintisa e Robusto se destacaram na CGC para DFF (Tabela 3), sendo os mais precoces do grupo. Para os caracteres AP e AE os melhores parentais são IVD1 PROL 7 e Composto AG, por apresentarem CGC fortemente negativa, ou seja, possuem uma alta concentração de alelos para diminuir os caracteres de interesse. No atributo PP os parentais Robusto e Composto AG apresentaram valores positivos e para PRO foram Composto Flintisa e IVD1 PROL 7. Por fim em relação ao RG os parentais AL Avaré (499,43 kg/ha) e Robusto (231,83 kg/ha) apresentaram CGC positiva. No estudo de Saito (2013) ao avaliar o potencial de linhagens experimentais de milho oriundas de populações braquíticas para produção de híbridos, em duas safras, foi verificado, na primeira safra, CGC positiva para RG em três linhagens oriundas do composto Isanão-VF1 e quatro oriundas do composto Isanão-VD1. Confirma-se deste modo, que essas linhagens possuíam maior concentração de alelos favoráveis para aumento do RG.

Tabela 3. Capacidade geral de combinação dos seis parentais para os caracteres Dias de florescimento feminino (DFF), altura de plantas (AP), altura de

inserção da primeira espiga (AE), porcentagem de plantas em pé (PP), prolificidade (PRO) e rendimento de grãos (RG).

Parentais	DFF	AP (cm)	AE (cm)	PP	Pro	RG (kg ha ⁻¹)
AL Avaré	0,539	7,937	6,428	-0,64	-0,06	499,43
Composto Flintisa	-1,64	2,156	5,049	-0,64	0,12	-231,07
AL Piratininga	1,257	14,843	9,834	-1,8	-0,06	0,72
IVD1 PROL 7	0,171	-13,66	-8,98	-1,41	0,04	-100,97
Robusto	-0,52	-2,562	-3,45	2,41	0,02	231,83
Composto AG	0,195	-8,718	-8,88	2,08	-0,06	-399,85

Pelos valores da CGC, os melhores parentais para seleção recorrente ou para formação de um composto para seleção recorrente, são AL Avaré e Robusto, embora o primeiro não tenha valores favoráveis para os demais caracteres. No entanto o Robusto apresenta esses valores favoráveis e poderá ser uma fonte de genes interessantes para um provável programa de seleção recorrente nesse provável composto.

Pensando apenas no porte de plantas, os parentais IVD1 PROL 7, Robusto e Composto AG são os mais indicados para formação de um composto. Porém esse possível composto ficará prejudicado pelo fato de apenas o Robusto ter boa capacidade de combinação para rendimento de grãos.

As maiores CEC para RG (Tabela 4) ocorreram para os cruzamentos IVD1 PROL 7 x Composto AG (1808,2 kg), Robusto x Composto AG (1612,0 kg) e IVD1 PROL 7 x Robusto (1014,1 kg). Percebe-se uma forte participação do Robusto que demonstrou também uma alta CGC. Todos os cruzamentos envolvendo esse parental tiveram CEC positiva, indicando que o mesmo é bem divergente dos demais. Pensando-se em pares de material para seleção recorrente recíproca, aqueles com alta CEC de combinação e com um parental com alta CGC são os mais indicados. Neste trabalho o cruzamento entre os dois materiais com maior CGC para RG (AL Avaré x Robusto) também apresentou boa CEC (342,8 kg). Isso indica que a alta concentração de genes favoráveis para aumento do RG em ambos não ocorre para os mesmos locos, ou seja, há uma divergência entre esses parentais. Dentre esses cruzamentos, AL Avaré x Robusto e Robusto x Composto AG foram aqueles com baixos valores de CEC para AP e AE, embora positivos. Robusto x Composto AG

ainda apresentou valor negativo da CEC para DFF. Os cruzamentos com CEC negativa para AP e AE não foram interessantes para RG.

Tabela 4. Capacidades específicas de combinação e heterose (h) para Dias para florescimento feminino (DFF), Altura de plantas (AP), Altura de inserção da primeira espiga (AE), Porcentagem de plantas em pé (PP), Prolificidade (PRO) e Rendimento de grãos (RG).

Pai 1*	Pai 2*	DFF	h%	AP	h%	AE	h%	RG	h%
1	1	-0,141	-----	-7,41	-----	-6,367	-----	-446,483	-----
1	2	0,039	-0,25	-1,629	2,8	-4,738	-0,48	-208,23	10,89
1	3	1,14	1,42	0,183	2,9	1,726	4,66	440,37	16,38
1	4	-0,273	-3,07	14,683	18,71	11,043	27,72	14,06	22,43
1	5	0,172	-0,97	5,089	9,65	5,758	15,55	342,81	26,07
1	6	-0,797	-3,79	-3,504	4,58	-1,055	9,2	303,96	30,58
2	2	0,469	-----	-8,348	-----	-1,86	-----	-1329,53	-----
2	3	-0,679	-2,69	-10,36	-1,46	-4,895	-1,95	155,33	22,68
2	4	0,217	-2,82	15,714	20,13	8,392	22,73	903,49	55,83
2	5	0,102	-1,76	1,621	8,48	2,637	10,72	573,31	45,14
2	6	-0,617	-4,18	11,527	12,44	2,324	10,15	1235,17	69,98
3	3	0,922	-----	-5,973	-----	-2,68	-----	-869,86	-----
3	4	1,1742	-6,7	3,777	12,23	2,887	17,07	643,73	41,55
3	5	-0,047	-2,37	10,433	11,43	1,352	9,59	759,82	40,63
3	6	-0,516	-4,17	8,089	9,48	4,289	11,84	-259,52	27,81
4	4	2,844	-----	-35,723	-----	-28,297	-----	-191,77	-----
4	5	-1,961	-7,84	22,683	29,72	16,668	45,4	1014,08	66,03
4	6	-1,93	-8,59	14,589	24,34	17,605	48,1	1808,19	99,65
5	5	1,484	0	-23,161	0	-17,367	0	-2150,99	0
5	6	-1,234	-6,19	6,496	14,49	8,32	26,64	1611,97	86,87
6	6	2,547	-----	-18,598	-----	-15,742	-----	-2349,88	-----

* - 1 – AL Avaré; 2 – Composto Flintisa; 3 – AL Piratininga; 4 – IVD1 PRO 7; 5 – Robusto; 6 – Composto AG

Desejando formar um composto para dar início à um programa de melhoramento genético, baseando nas média do rendimento de grãos (Tabela 5) e das CGC dos caracteres em estudo, as variedades mais indicadas são AL Avaré e Robusto. AL Avaré é a que possui a maior CGC e possui a maior média para o

caractere, contribuindo para o seu aumento. Do mesmo modo, a variedade Robusto possui o segundo maior valor para CGC e umas das melhores médias para RG.

Tabela 5. Médias e teste de Scott-Knott para dias para florescimento feminino (DFF), altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira espiga (AE), porcentagem de plantas em pé (PP), prolificidade (PRO) e rendimento de grãos (RG), das variedades e dos híbridos intervarietais.

Pai 1 [#]	Pai 2 [#]	DFF (dias)	AP (cm)	AE (cm)	PP	PRO	RG (kg ha ⁻¹)
5	6	49,25 c	216,25 b	118,25 a	98,39 a	0,98 b	8308,75 a
4	6	49,25 c	213,25 b	122,00 a	99,45 a	1,05 b	8172,17 a
4	5	48,50 c	227,50 a	126,50 a	100,00 a	1,20 a	8009,73 a
1	5	51,00 b	231,50 a	131,00 a	95,39 a	1,26 a	7938,78 a
3	5	51,50 b	243,75 e	130,00 a	97,09 a	1,08 b	7857,16 a
1	3	53,75 c	244,00 e	140,25 a	91,48 b	0,97 b	7805,23 a
2	5	48,75 c	222,25 b	126,50 a	98,32 a	1,25 a	7438,86 b
2	6	48,75 c	226,00 a	120,75 a	95,48 a	1,22 a	7469,05 b
2	4	49,56 c	225,25 a	126,72 a	95,19 a	1,14 a	7436,24 c
3	4	50,50 c	226,00 a	126,00 a	91,23 b	1,16 a	7408,28 b
1	1	51,75 b	229,50 a	128,75 a	93,74 b	0,99 b	7417,00 b
1	4	51,25 b	230,00 a	130,75 a	87,44 b	0,97 b	7277,23 b
1	6	50,75 c	216,75 b	118,75 a	99,48 a	0,97 b	7268,25 b
1	2	49,75 c	229,50 a	129,00 a	97,18 a	1,14 a	6924,84 b
2	3	49,75 c	227,50 a	132,25 a	92,48 b	1,13 a	6789,77 c
3	6	51,75 c	235,25 a	127,50 a	92,99 b	0,97 b	6206,15 c
3	3	54,25 a	244,75 e	139,25 a	91,95b	0,97 b	5996,38 c
5	5	51,25 b	192,75 c	98,00 b	96,82 a	1,06 b	5177,46 d
2	2	48,00 c	217,00 b	130,50 a	89,91 b	1,43 a	5073,12 d
4	4	54,00 a	158,00 d	76,00 c	89,50 b	1,26 a	4471,09 e
6	6	53,75 a	185,00 c	88,75 b	97,22 a	1,03 b	3715,22 f

- 1 – AL Avaré; 2 – Composto Flintisa; 3 – AL Piratininga; 4 – IVD1 PRO 7; 5 - Robusto; 6 - Composto AG

* - Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade.

Os cruzamentos IVD1 PROL 7 x Robusto, IVD1 PROL 7 x Composto AG e Robusto x Composto AG produziram mais de 8.000 kg/ha e podem ser recomendados para futuras avaliações visando a confirmação como promissores para uso direto como híbridos intervarietais.

5 CONCLUSÕES

Os híbridos que se destacaram em rendimento de grãos para cultivo foram IVD1 PROL 7 X Composto AG e Robusto X Composto AG.

O melhor composto para uma seleção recorrente intrapopulacional deve ser formado por Robusto e AL Avaré.

Para seleção recorrente recíproca, o melhor par de variedades é formado por Robusto e Composto AG, que consegue combinar boas características para rendimento de grãos, altura de plantas, altura de espigas e precocidade.

A variedade AL Avaré, com uma boa média de rendimento pode ser considerada para seleção intrapopulacional, sendo necessário uma ação, como o uso de um índice de seleção para aumentar o rendimento de grãos e diminuir pelo menos a altura das espigas.

6 REFERÊNCIAS

ABREU, A.F.B. **Predição do potencial genético de populações segregantes do feijoeiro utilizando genitores interraciais.** 1997. 79 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

ALLARD, R. W. Estimation of prepotency from lima bean diallel cross data. **Agronomy Journal**, Madison, v. 48, p. 537-43, 1956.

ARAUJO, A. V.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; FERREIRA, I. C. P. V.; COSTA, C. A.; PORTO, B. B. A. Desempenho agrônomo de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 4, p. 885-892, dez. 2013.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, A. R. L. O Potencial Produtivo Brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p515-540>.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 523 p.

BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento Genético de Plantas: Princípios e Procedimentos**. Lavras: UFLA, 2006. 319 p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2023/2024: Décimo segundo levantamento**. Brasília: CONAB, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: Setembro de 2024.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira grãos: décimo quarto levantamento**. Novembro de 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/olalacms/uploads/arquivos/17_11_12_10_14_36_boletim_graos_novembro_2017.pdf. Acesso em Maio 2024.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C.D. **Aplicações de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 188p. Tese de Doutorado.

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

CRUZ, J. C., PEREIRA FILHO, I. A., GARCIA, J.C., DUARTE, J. O. **Cultivo do Milho: Cultivares. Sistema de Produção**, 6ª ed. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2010. Disponível em: https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/culturas_anuais/artigos/CULTIVO%20DO%20MILHO%20EMBRAPA.pdf. Acesso em 25 maio 2024.

DESTRO D.; MONTALVÂN, R. **Melhoramento Genético de Plantas**. Londrina: UEL, 2ª ed, 1999. 749 p.

DIAS, L.A.S.; KAGEYAMA, P.Y. Multivariate genetic divergence and hibrid performance of cacao (*Theobroma cacao* L.). **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 20, n. 1, p. 63-70, 1997.

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. O Clima na Região do Bolsão de Mato Grosso do Sul. 1ª. ed. Dourados-MS: [s.n.], 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1007480/1/DOC2014127.pdf>. Acesso em: Junho de 2024.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **USDA.gov - United States Department of Agriculture**. Mar. 2023. Disponível em: https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/qj72qk83q/wh2484015/production__1_.pdf. Acesso em: 18 maio 2024.

FALCONER, D. S. **Introduction to quantitative genetics**. 3ª ed. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1989. 438p.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development: theory and technique**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. v. 1, 536 p.

GALINAT, W.C. The origin of maize: grain of humanity. **New York Botanical Garden Journal**, New York, v. 44, n. 12, p. 3-12, 1995.

GARCIA, João Carlos et al. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. 2008.

GARDNER, C.O. **Teoría de genética estadística aplicable a las medias de variedades, sus cruces y poblaciones afines**. Fitotecnia Latinoamericana, San Jose, v. 2, p. 11-22, 1965.

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

GONÇALVES, K. C. G. **Potencial de linhagens experimentais de milho (Zea mays L.) para produção de híbridos**. 2011. 76f. Dissertação (mestrado) - Sistemas de Produção. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP. Ilha Solteira, 2011.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956.

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative Genetics in Maize Breeding**. New York: Springer, 2010. 663 p.

HAYMAN, B. I. **The theory and analysis of diallel crosses**. **Genetics**, Austin, v. 39, p. 789-809, 1954.

JUGENHEIMER, Robert W. Hybrid maize breeding and seed production. 1958. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19601604544>. Acesso em: Agosto de 2024.

KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. **Biometrics**, Alexandria, v. 17, p. 229-250, 1961.

KÖPPEN, W. Classificação de Köppen: significado dos símbolos e critérios para classificações. In: VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Editora da UFV, 2004. 449 p

LE MOS, M.A.; GAMA, E.E.G.; MENEZES, D.; SANTOS, V.F.; TABOSA, J.N. Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superdoce em um dialelo completo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 167-170, 2002.

LIMA, L. F. S. **Capacidade combinatória de linhagens de milho verde e desempenho de híbridos topcrosses**. 2021. 34f. Dissertação (Mestrado) Agricultura Tropical e Subtropical – Instituto Agronômico. Campinas, 2021.

MACHADO, JUAREZ CAMPOLINA. Estabilidade de produção e da capacidade de combinação em híbridos de milho. **Lavras: Universidade Federal de Lavras**, 2007.

MIRANDA FILHO, J. B.; VENCOSKY, R. The partial circulant diallel cross at the interpopulation level. **Genetics and Molecular Biology, Ribeirão Preto**, v. 22, n 2, p. 249-255, 1999. doi: 10.1590/S1415-47571999000200020.

MIRANDA FILHO, J.B. **Cruzamentos dialélicos e síntese de compostos de milho (Zea mays L.) com ênfase na produtividade e no porte da planta**. 1974. 116f. Tese (Doutorado) – Genética e Melhoramento de Plantas, ESALQ/USP, Piracicaba, 1974.

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

MUNARINI, A. **Avaliação de Híbridos Intervarietais de Milho em Sistemas de Produção Camponesa de Santa Catarina**. 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

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

PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **Melhoramento e Produção de Milho**. 2ª ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1. 409p.

PATZLAFF, N. L.; MARTINS, C. E. N.; ARBOITTE, M. Z.; HOFES, A. Variedades de milho com polinização aberta da Epagri sob efeito do espaçamento entre linhas. **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, n. 2, p. 5750-5766, 2020. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n2-032>.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. Digitaliza Conteúdo, 1985. Acesso em: Abril de 2024.

PINHEIRO, L. S.; GATTI, V. C. M.; OLIVEIRA, J. T.; SILVA, J. N.; SILVA, V. F. A.; SILVA, P. A. Características agro econômicas do milho: uma revisão. **Natural Resources**, v. 11, n. 2, p. 13-21, 2021. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2237-9290.2021.002.0003>.

REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; MARTOVANI, E.C.; FRIZZONE, J.A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 266, n. 4, p. 503-511, 2004.

ROSA, T. C. **Cruzamentos dialélicos entre linhagens de milho crioulo**. 2019. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

SAITO, B. C. **Potencial de linhagens experimentais de milho, oriundas de populações braquiática, para produção de híbridos**. 2013. 70f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, Ilha Solteira, SP, 2013.

SANCHES, A.; ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. C. Oferta e demanda mensal de milho no Brasil: impactos da segunda safra. **Revista de Política Agrícola**, v. 27, n. 4, p. 73-97, 2018.

SANTOS, H. G.; CARVALHO JUNIOR, W.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 67 p. 2011.

SHULL, G.H. **The composition of a field of maize**. Journal of Heredity, v. 4, p. 296-301, 1908. doi:10.1093/jhered/os-4.1.296

SHULL, G.H. A pure-line method in corn breeding. **American Breeders Magazine**, Washington, v. 5, p.51-59, 1909.

SILVA, R.M. **Estudo do sistema reprodutivo e divergência genética em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (willd ex Spreng) Shum.)**. 1996. 151 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, R.M.; MIRANDA FILHO, J.B. Heterosis Expression in Crosses Between Maize Populations: Ear Yield. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n.3, p.519-524, 2003.

SOUZA, D. K. F.; SILVEIRA, R. L. F.; BALLINI, R. Efeito da expansão da safra de inverno de milho no Brasil sobre a sazonalidade dos preços spot. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 4, p. 1-20, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9479.2022.262824>.

SPANER, D.; BRATHWAITE, R.A.I.; MATHER, D.E. Diallel study of open-pollinated maize varieties in Trinidad. **Euphytica**, Wageningen, v.90, n.1, p.65-72, 1996.