

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**Melhoramento visando aumento da produtividade de óleo de sementes em  
abóboras**

Dalcirlei Pinheiro Albuquerque  
*Doctor Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**DALCIRLEI PINHEIRO ALBUQUERQUE**

**Melhoramento visando aumento da produtividade de óleo de sementes em  
abóboras**

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

Orientador: Derly J. H. da Silva

Coorientador: Pedro C. Souza Carneiro

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A345m  
2025  
Albuquerque, Dalcirlei Pinheiro, 1995-  
Melhoramento visando aumento da produtividade de óleo de sementes em abóboras / Dalcirlei Pinheiro Albuquerque. – Viçosa, MG, 2025.

1 tese eletrônica (66 f.): il.

Inclui anexo.

Orientador: Derly José Henriques da Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.272>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Abóbora - Melhoramento genético. 2. Abóbora - Semente. 3. Óleo de abóbora. 4. Abóbora - Recursos do germoplasma. 5. Recombinação (Genética). 6. *Cucurbita moschata*. I. Silva, Derly José Henriques da, 1961-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 22. ed. 635.6223

**DALCIRLEI PINHEIRO ALBUQUERQUE**

**Melhoramento visando aumento da produtividade de óleo de sementes em abóboras**

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

APROVADA: 27 de fevereiro de 2025.

Assentimento:

---

Dalcirlei Pinheiro Albuquerque  
Autor

---

Derly Jose Henriques da Silva  
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 09/05/2025 às 18:11:43 e pelo orientador em 12/05/2025 às 14:53:38. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **VSDI.Q4UT.XBAX** e clique no botão 'Validar documento'.

À minha querida avó, Maria Galdino (in memoriam), por seu legado de amor e  
sabedoria...

À minha mãe, Maria Alice, e ao meu pai, Doraci Galdino, pela força, dedicação e  
apoio, mesmo enfrentando a distância diária...

À minha irmã, Darcilene Albuquerque, pela amizade e pelas palavras de  
encorajamento...

À minha sobrinha, Evillyn Saphira, cuja alegria e inocência renovam minhas forças e  
sonhos...

E à minha grande amiga, Luzinete Romão, por sua lealdade e presença constante  
nos momentos mais desafiadores.

Dedico!

## AGRADECIMENTOS

Às forças que regem o universo, cuja presença me guiou e fortaleceu ao longo desta jornada.

À minha amada família, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem em mim mesmo nos momentos em que eu mesmo não acreditei.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela excelência acadêmica e pela oportunidade de realizar meu doutorado em um ambiente de aprendizado, pesquisa e crescimento pessoal.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento da UFV, pela sólida formação e pelas oportunidades de crescimento contínuo.

Ao meu orientador, Derly José Henriques da Silva, pela orientação precisa, paciência e dedicação. Sua expertise, apoio e incentivo foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento como pesquisador.

Ao meu coorientador, Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pelas contribuições valiosas e pelo olhar atento que enriqueceram este trabalho.

Ao Professor Doutor Ronaldo Silva, que, desde os primeiros passos desta jornada, esteve ao meu lado, oferecendo orientação, apoio e incentivo inestimáveis.

Aos meus orientadores de Graduação, Davi Henrique Lima Teixeira, e de Mestrado, Geraldo de Amaral Gravina, sem os quais eu não teria conseguido chegar até aqui.

Ao Júnior Herênio, para além de toda a ajuda nas análises estatísticas dos dados, pela eterna amizade e pelos momentos divertidos, nos quais sempre me senti em casa.

Aos meus amigos de Viçosa, Janaína Torres, Júnia Carneiro, Iago Pacheco e Ivan Marota. Ao longo dessa caminhada, vocês se tornaram mais que amigos, tornaram-se parte fundamental da minha história. Cada momento compartilhado, cada palavra de apoio e cada sorriso de admiração foram essenciais para que eu continuasse. Viçosa será para sempre o lugar onde nossa amizade floresceu, e levarei para a vida toda o carinho e as memórias que construímos juntos.

Aos meus amigos de longa data: Silas Santos, Ícaro Castro, Madson Eduardo, Paulo Renato, Gutierre Maciel, Erenilson Uchoa e Weliton Souza, pela parceria, resenha e todo o apoio que sempre me deram.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Ecofisiologia Aplicada e Melhoramento (GPEAM - UFV) e do Laboratório de Recursos Genéticos e Melhoramento de Hortaliças, em especial, Adaíla Oliveira, André Dutra, Jéssica Lino, Denizard Bueno, Ademir Martins, Tâmara Mendes, Wanderson

Bispo, Luan Del Rey, Breno Botiko, Jéssica Edwiges e João Vitor Mendes, por toda ajuda e boa convivência.

A todos os funcionários da Unidade de Pesquisa, Ensino e Extensão “Horta Velha”, por compartilhar todos os seus conhecimentos na ajuda da condução do experimento de campo.

A Henrique Pacheco e Jhéferson Fonseca, antigos estagiários do laboratório, pela valiosa ajuda na condução dos experimentos, bem como pela dedicação e colaboração imprescindíveis à coleta de dados.

Ao finalizar esta etapa tão significativa da minha vida, expresso minha mais profunda gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

"A agricultura moderna é a base para a segurança alimentar do futuro, e o melhoramento genético é a chave para um mundo onde todos possam ter acesso à comida suficiente e saudável."  
(Norman Borlaug, Nobel da Paz)

## RESUMO

ALBUQUERQUE, Dalcirlei Pinheiro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2025. **Melhoramento visando aumento da produtividade de óleo de sementes em abóboras**. Orientador: Derly Jose Henriques da Silva. Coorientador: Pedro Crescencio Souza Carneiro.

O óleo proveniente das sementes de abóbora possui elevado valor nutricional e é utilizado de diversas formas na medicina, como no tratamento de problemas relacionados a próstata, alopecia, entre outros. As diversas formas de utilização, quando comparadas a outros óleos vegetais, evidenciam o grande potencial deste subproduto no mercado. No entanto, a produção industrial enfrenta desafios devido às cultivares comerciais apresentarem baixo rendimento de sementes e óleo, além de crescimento indeterminado, dificultando o estabelecimento de plantações mais densas e, conseqüentemente, produção de frutos e sementes por área. Além disso, sabe-se que os programas de melhoramento de abóbora existentes têm dedicado pouca ou nenhuma atenção a esse grupo de caracteres e ao segmento de produção de óleo. Nesse contexto, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) desenvolve um programa de melhoramento, visando a obtenção de plantas compactas, precoces e com alto rendimento de sementes e óleo. Este estudo teve como objetivos: estimar a variabilidade genética no germoplasma, avaliar as capacidades geral e específicas dos genótipos candidatos à seleção, determinar o tipo de ação gênica predominante no controle dos caracteres de interesse, quantificar a influência de efeito recíproco para esses caracteres e traçar estratégias de melhoramento para as próximas etapas do programa de melhoramento de *Cucurbita moschata* da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Foram avaliados 15 híbridos F1 provenientes do cruzamento de seis genitores pré-selecionados no programa (117, 301, 369, 447, 516 e 559) e duas testemunhas: o híbrido Tetsukabuto e a cultivar Tronco Verde. Em um segundo momento, visando estimar os efeitos recíprocos, os híbridos e recíprocos de cinco dos seis genitores foram utilizados. O experimento foi conduzido na UEPE-Horta Velha (UFV), onde foram avaliadas 17 características morfoagronômicas. Inicialmente, os dados foram submetidos à ANAVA e, posteriormente, à análise dialélica, visando a estimação da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) para todos os caracteres. Os efeitos recíprocos foram estimados para 13 das 17 características avaliadas. Houve variabilidade genética significativa na maioria dos caracteres avaliados. A capacidade geral de combinação (CGC) predominou para os caracteres de precocidade, de crescimento compacto e para caracteres do fruto e semente – representados pelo

diâmetro da cavidade interna e produtividade de sementes por planta – o que evidencia a influência de efeitos aditivos e, portanto, permite a seleção eficaz dos genitores. Por sua vez, a CEC evidenciou a influência de efeitos não aditivos na espessura da polpa e no diâmetro da cavidade interna. Efeitos recíprocos significativos foram observados para massa do fruto, espessura da polpa e diâmetro da cavidade, sugerindo a influência de efeito materno ou extranuclear na herança desses caracteres. Os genitores 301, 516, 447 e 117 foram promissores para o melhoramento da cultura com base nas análises dialélicas e testes de comparação de média. As combinações 117×516, 301×369, 301×447, 369×516, 369×559, 447×516 e 447×559 demonstraram potencial para a obtenção de linhagens com maior cavidade interna, o que favorece a produção de sementes. Além disso, os cruzamentos 301×516 e 117×301 apresentaram alto desempenho em precocidade, garantindo menores custos e retornos financeiros mais rápidos. Os resultados também indicam que a direção dos cruzamentos deve ser considerada no programa de melhoramento e reforçam a importância de integrar estratégias de seleção recorrente com a extração de linhagens para o desenvolvimento de híbridos comerciais, o que contribui para a otimização da produção de óleo de sementes de abóbora.

Palavras-chave: Banco de Germoplasma. Capacidade Combinatória. *Cucurbita moschata*. Efeito Recíproco.

## ABSTRACT

ALBUQUERQUE, Dalcirlei Pinheiro, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2025. **Breeding for enhancing seed oil yield in pumpkins**. Adviser: Derly Jose Henriques da Silva. Co-adviser: Pedro Crescencio Souza Carneiro.

Pumpkin seed oil has high nutritional value and is widely used in medicine, including treatments for prostate-related issues, alopecia, and other conditions. Its diverse applications, compared to other vegetable oils, highlight the significant market potential of this byproduct. However, industrial production faces challenges due to commercial cultivars exhibiting low seed and oil yields, along with indeterminate growth, which hinders the establishment of higher-density plantations and, consequently, fruit and seed production per area. Furthermore, existing pumpkin breeding programs have devoted little to no attention to these traits and the oil production sector. In this context, the Federal University of Viçosa (UFV) has developed a breeding program aimed at obtaining compact, early-maturing plants with high seed and oil yields. This study aimed to: (1) estimate genetic variability in the germplasm, (2) assess the general (GCA) and specific (SCA) combining abilities of candidate genotypes for selection, (3) determine the predominant gene action controlling traits of interest, (4) quantify the influence of reciprocal effects on these traits, and (5) outline breeding strategies for the next stages of UFV's *Cucurbita moschata* breeding program. Fifteen F1 hybrids derived from crosses between six pre-selected parental lines (117, 301, 369, 447, 516, and 559) and two controls - the Tetsukabuto hybrid and the Tronco Verde cultivar - were evaluated. Subsequently, reciprocal crosses of five of the six parental lines were used to estimate reciprocal effects. The experiment was conducted at UEPE-Horta Velha (UFV), where 17 morpho-agronomic traits were assessed. Data were subjected to ANOVA, followed by diallel analysis to estimate GCA and SCA for all traits. Reciprocal effects were estimated for 13 of the 17 traits. Significant genetic variability was observed for most traits. General combining ability (GCA) predominated for earliness, compact growth, and fruit/seed traits - particularly internal cavity diameter and seed yield per plant - indicating additive effects and enabling effective parental selection. In contrast, specific combining ability (SCA) revealed non-additive effects on flesh thickness and internal cavity diameter. Significant reciprocal effects were detected for fruit mass, flesh thickness, and cavity diameter, suggesting of maternal or extranuclear inheritance influences. Parental lines 301, 516, 447, and 117 showed promise based on diallel analyses and mean comparisons. Hybrid combinations 117×516,

301×369, 301×447, 369×516, 369×559, 447×516, and 447×559 demonstrated potential for developing lineages with larger internal cavities, enhancing seed production. Additionally, crosses 301×516 and 117×301 exhibited high earliness performance, reducing costs and ensuring faster financial returns. The results emphasize the need to consider cross direction in the breeding program and support integrating recurrent selection with line extraction for commercial hybrid development, optimizing pumpkin seed oil production.

Keywords: Germplasm Bank. Combining Ability. *Cucurbita moschata*. Reciprocal Effect.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Quadrados médios de tratamentos (Trat), genótipos (G), testemunhas (T) e genótipos *versus* testemunhas (G vs T) para caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.....24
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância do dialelo de Griffing (1956) com as estimativas dos quadrados médios de 17 caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.....26
- Tabela 3.** Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush), segundo o método de Griffing (1956). Viçosa, MG. ....27
- Tabela 4.** Teste de Dunnett para caracteres morfoagronômicos em híbridos e testemunhas de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG. ....31
- Tabela 4.1.** Teste de Dunnett para caracteres morfoagronômicos em híbridos e testemunhas de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG. ....33
- Tabela 4.2.** Teste de Dunnett para caracteres morfoagronômicos em híbridos e testemunhas de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG. ....35
- Tabela 1.** Descrição dos cinco genitores usados no cruzamento dialélico de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.....45
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para 13 caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.), com as respectivas médias gerais ( $\bar{X}$ ), coeficientes de variação experimental (CVe) e coeficiente de determinação genotípico  $R^2$ . Viçosa, MG.....50
- Tabela 3.** Médias dos híbridos ( $F_1$ 's,  $F_1$ 's recíprocos) e testemunhas para caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG. ....52
- Tabela 4.** Quadrados médios da capacidade geral (GCG), capacidade específica (CEC), efeito recíproco (ER), efeito recíproco geral (R. Geral) e efeito recíproco específico (R. Espec.) para 13 caracteres de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.).....53
- Tabela 5.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) para 13 caracteres em cinco progenitores de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.) e seus respectivos desvios-padrão (dp). Viçosa, MG. ....56
- Tabela 6.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) e dos efeitos recíprocos ( $\hat{r}_{ji}$ ) em relação a 13 caracteres de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.....59
- Tabela 7.** Comparação das médias de cruzamentos recíprocos ( $y_{ij}$  vs  $y_{ji}$ ) para caracteres de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG .....60

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	15
<b>CAPÍTULO I</b> .....	17
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	19
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
<b>2.1 Recursos fitogenéticos</b> .....	20
<b>2.2 Instalação e condução do experimento</b> .....	21
<b>2.3 Avaliações morfoagronômicas</b> .....	22
<b>2.4 Análises genético-estatísticas</b> .....	23
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	24
<b>3.1 Análise de variância</b> .....	24
<b>3.2 Capacidade Geral (CGC) e específica de combinação (CEC)</b> .....	25
<b>3.3 Teste de Dunnett</b> .....	29
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36
<b>CAPÍTULO II</b> .....	41
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	43
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	44
<b>2.1 Material genético e condução experimental</b> .....	44
<b>2.2 Avaliações morfoagronômicas</b> .....	46
<b>2.3 Análises estatísticas</b> .....	47
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	48
<b>3.1 Variabilidade genética e desempenho médio dos genótipos</b> .....	48
<b>3.2 Capacidades de combinação</b> .....	53
<b>3.3 Efeitos da capacidade geral de combinação (<math>\hat{g}_i</math>) para os genitores</b> .....	55
<b>3.4 Efeitos de capacidade específica de combinação (<math>\hat{s}_{ij}</math>) e efeitos recíprocos (<math>\hat{r}_{ji}</math>)</b> ...	56
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	60
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	61
<b>ANEXOS</b> .....	66

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.) é uma cultura de grande interesse, em especial, em função do uso de polpa na alimentação humana, seja cozida ou como ingrediente em tortas, sopas e doces, além de ser considerada uma boa fonte de  $\beta$ -caroteno (carotenoide precursor da provitamina A) (Resende; Borges; Gonçalves, 2013; Gomes *et al.*, 2020). Seu uso na alimentação animal também é comum devido à produtividade das plantas, durabilidade dos frutos e por apresentar-se como importante fonte funcional e nutricional (Heiden; Barbieri; Neitzke, 2007; Carvalho *et al.*, 2021).

A importância da abóbora não se restringe aos frutos, suas sementes contêm elevado teor lipídico. Além disso, o óleo de sementes de abóbora é bastante promissor por ser constituído principalmente de ácidos graxos insaturados, que pode atingir 70% ou mais, com predominância do linoleico e oleico (Chellini *et al.*, 2022; Gomes *et al.*, 2022). Ainda, o óleo da semente é rico em componentes bioativos, como vitamina E, carotenoides e tocoferóis, que protegem o óleo da oxidação e têm importante atividade antioxidante (Veronezi; Jorge, 2015).

Embora possua os diversos benefícios mencionados, o óleo de sementes de abóbora ainda é pouco consumido pela população. De modo geral, na indústria, as sementes são descartadas durante o processo de beneficiamento da polpa (Anastácio *et al.*, 2021). Dessa forma, na busca cada vez maior por óleos vegetais com qualidades nutricionais, o uso do óleo de semente de abóbora pode representar uma alternativa ao atendimento a essa demanda, o que além de propiciar renda extra aos produtores ajuda a reduzir desperdícios destes resíduos no meio ambiente (Alves *et al.*, 2012).

Para a obtenção de uma maior quantidade de óleo é necessário o aumento da produtividade de frutos abundantes em sementes, bem como é fundamental que as sementes apresentem teores de óleo elevados. Entretanto, esse é um grande desafio, seja pela pouca exploração destinada a essas características ou por ser uma cultura cuja população é bastante reduzida, por ocuparem grandes áreas, em decorrência de seus caules rastejantes e hábito de crescimento indeterminado, que emitem ramas a grandes distâncias e impossibilita maiores adensamentos (Nick; Borém, 2017).

É importante destacar que existem genótipos de abóbora com entrenós mais curtos, assim, permitem uma maior população por área pelo hábito de crescimento “tipo moita”. Dessa forma, com a utilização de estratégias de melhoramento genético é possível introgridir alelos relacionados a esse tipo de estatura em outros genótipos, o que pode viabilizar o aumento do

número de plantas por área, aumentando a produtividade de frutos e, conseqüentemente, de sementes e óleo (Almeida *et al.*, 2020).

Programas de melhoramento com o propósito de desenvolver genótipos mais compactos e com boa produção de sementes e óleo levam em consideração uma série de outras características associadas, tais como número de frutos por planta, massa de sementes por fruto, espessura da polpa, diâmetros da cavidade interna dos frutos, entre outras (Almeida, 2021).

No contexto de melhoramento de múltiplas características, o método de seleção recorrente é uma das principais alternativas e consiste em um processo cíclico que aumenta gradativamente a frequência de alelos favoráveis, elevando a média das principais características sem esgotar a variabilidade genética da população (Hallauer; Carena; Miranda Filho, 2010). Adicionalmente, pode-se utilizar a seleção recorrente recíproca entre populações com vista ao aumento da capacidade de combinação entre elas (Reis *et al.*, 2009).

Uma estratégia que vem sendo utilizada para compor uma população base em programas de seleção recorrente é a análise dialélica, que tem por finalidade analisar um determinado delineamento genético para prover estimativas de parâmetros úteis na seleção de progenitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Entre as metodologias mais utilizadas estão a proposta de Griffing (1956), pela qual são estimados os efeitos e as somas dos quadrados de efeitos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012), bem como a metodologia de Cockerham e Weir para estudo do efeito recíproco, causado por efeito materno e genes extranucleares (Cockerham; Weir, 1977).

A CGC concerne no comportamento médio de um determinado genitor em uma série de combinações híbridas e associa-se aos efeitos aditivos dos alelos (Griffing, 1956). A CEC, por sua vez, está associada aos efeitos não aditivos e é definida como o desvio do desempenho médio de uma combinação específica entre os progenitores envolvidos no cruzamento (Falconer; Mackay, 1996). Uma combinação híbrida favorável deve ser aquela com estimativa elevada de CEC e que resulte de um cruzamento envolvendo ao menos um progenitor com alta CGC (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012).

Além da possibilidade de informação para compor uma população base, o conhecimento acerca das capacidades geral e específica de combinação é importante em estudos de diversidade genética, obtenção de grupos heteróticos, elucidação da heterose e desenvolvimento de híbridos comerciais (Fan *et al.*, 2014). Ademais, quando a experimentação leva em consideração os efeitos recíprocos, as estimativas dos efeitos de CEC e CGC são mais acuradas, pois permite a retirada dos efeitos recíprocos da CGC (RCGC) e CEC (RCEC), que

antes estavam confundidos nas estimativas (Marçal *et al.*, 2019). Estudos como estes não são encontrados para a maioria das características de interesse de abóbora.

Assim, o objetivo geral deste trabalho foi selecionar, por meio de cruzamentos dialélicos, os melhores progenitores e combinações híbridas para caracteres de interesse e determinar o potencial para geração de populações de melhoramento visando plantas compactas, precoces, prolíficas e com boa produção de óleo de semente. Os objetivos específicos foram: a) estimar a variabilidade genética no germoplasma; b) avaliar as capacidades geral e específicas dos genótipos candidatos à seleção; c) determinar o tipo de ação gênica predominante no controle dos caracteres de interesse; d) quantificar a influência de efeito recíproco para esses caracteres; e e) traçar estratégias de melhoramento para as próximas etapas do programa de melhoramento de *C. moschata* da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. F. **Herança de caracteres relacionados à produtividade e perfil de ácidos graxos do óleo de sementes de abóbora e seleção de plantas compactas e com maior produtividade de óleo funcional**. 2021. 66p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.
- ALMEIDA, C. F.; GOMES, R. S.; MACHADO JUNIOR, R. M.; OLIVEIRA, R. L.; LAURINDO, R. D. F.; CHAGAS, R. R.; SILVA, D. J. H. Genetic control of internode length in winter squash (*Cucurbita moschata*). **Genetics and Molecular Research**, v. 19, n. 3, p. 1-15, 2020.
- ALVES, A. S.; CAMARGO, E. R.; CORREIA, M. H. S.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Pães elaborados com polpa e farinhas de sementes de abóbora kabutiá (*cucurbita maxima* x *cucurbita moschata*). **Revista SPCNA**, v. 18, n. 3, p. 71-78, 2012.
- ANASTÁCIO, T. O.; MOROTO, B. S.; SARDI, J. C. O.; OLIVEIRA, C. F. R.; MACEDO, M. L. R. Extração das proteínas de sementes e polpa de *Cucurbita maxima*: uma análise experimental. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 63252-63264, 2021.
- CARVALHO, K. C. M.; NACHTIGALL, A. M.; GARCIA, J. A. D.; NATEL, A. S. Características bromatológicas e terapêuticas da farinha de resíduos de abóbora: Revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e12810413749-e12810413749, 2021.
- CHELLINI, P. R.; GONÇALVES, R. N.; SILVA FILHO, A. A.; MORAES, J.; BARRALES, F. M.; MARTÍNEZ, J.; AMORIN, T. L.; OLIVEIRA, M. A. L.; COSTA, F. F. Pumpkin seeds (*Cucurbita moschata*-Jacarezinho cultivar): characterization of the oil extracted by solvent and supercritical fluid and study of anti-parasitary activity. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 15285-15299, 2022.
- COCKERHAN, A. C.; WEIR, B. S. Quadratic analysis of reciprocal crosses. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 187-203, 1977.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4<sup>a</sup> ed. Editora da UFV, 2012. 514p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Londres: Longman Group, 1996. 464p.

FAN, X. M.; ZHANG, Y.D.; YAO, W. H.; BI, Y. Q.; LIU, L.; CHEN, H. M.; KANG, M. S. Reciprocal diallel crosses impact combining ability, variance estimation, and heterotic group classification. **Crop Science**, v. 54, n. 1, p. 89-97, 2014.

GOMES, R. S.; MACHADO JUNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; CHAGAS, R. R.; OLIVEIRA, R. L.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.) displays vast genetic variability, allowing identification of promising genotypes for agro-morphological traits. **PloS one**, v. 15, n. 6, p. e0230546, 2020.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; OLIVEIRA, R. L., CHAGAS, R. R.; PEREIRA, E. D.; SILVA, D. J. H. Identification of high seed oil yield and high oleic acid content in brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2280-2290, 2022.

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

HALLAUER, A. R.; CARENA, M. J.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 3<sup>a</sup> ed. Editora Springer Science & Business Media, 2010. 669p.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. **Chave para a identificação das espécies de abóboras (*Cucurbita*, *Cucurbitaceae*) cultivadas no Brasil**. Embrapa Clima Temperado. Documento 197, 2007. 31p.

NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e Morangas do plantio à colheita**. 1<sup>a</sup> Ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 203p.

REIS, M. C.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P.; GUEDES, F. L.; SANTOS, P. H. A. D. Progresso genético com a seleção recorrente recíproca para híbridos interpopulacionais de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1667-1672, 2009.

RESENDE, G. M.; BORGES, R. M. E.; GONÇALVEZ, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 504-508, 2013.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Chemical characterization of the lipid fractions of pumpkin seeds. **Nutrition & Food Science**, v. 45, n. 1, p. 164-173, 2015.

## CAPÍTULO I

### POTENCIAL DE GENITORES PARA FORMAÇÃO DE POPULAÇÕES DE MELHORAMENTO VOLTADAS PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE ÓLEO DE SEMENTES EM ABÓBORAS

#### RESUMO

As sementes de abóbora constituem-se desperdícios significativos, mesmo com mercado promissor de óleo de sementes, devido à sua qualidade nutricional e valor medicinal. Entretanto, a produção industrial enfrenta limitações, pois as cultivares disponíveis no mercado possuem número reduzido de sementes, baixo teor de óleo e crescimento indeterminado, que dificulta maiores adensamentos. Nesse contexto, a Universidade Federal de Viçosa vem desenvolvendo um programa inovador de melhoramento genético de abóbora visando plantas compactas, precoces, com alto rendimento de sementes e óleo, promovendo avanços significativos para a cadeia produtiva e agregando valor à cultura da abóbora. Este trabalho teve por objetivos estimar os efeitos gênicos para características de interesse em abóbora e identificar os melhores progenitores e combinações híbridas para a formação de populações de plantas compactas, precoces e com alta produção de sementes e óleo. Foram avaliados 15 híbridos F<sub>1</sub>'s provenientes do cruzamento de seis genitores previamente selecionados no programa mencionado e duas testemunhas, o híbrido Tetsukabuto e a cultivar Tronco Verde. Foram avaliadas 17 características que contemplam os objetivos do programa. Os dados foram submetidos ANAVA, posterior análise dialélica de Griffing e, por fim, as médias dos genótipos foram contrastadas com as médias das testemunhas pelo teste Dunnett. Pelas capacidades de combinação, observou-se que efeitos gênicos aditivos foram predominantes na determinação de características relacionadas a plantas compactas e precocidade, enquanto efeitos não aditivos influenciaram em características de cavidade interna do fruto. Destacam-se os genitores 301, 516, 447 e 117 para as características de interesse. As combinações 117×516, 301×369, 301×447, 369×516, 369×559, 447×516 e 447×559 podem ser utilizadas na obtenção de segregantes com menor espessura de polpa e, conseqüentemente, maior cavidade interna para comportar mais sementes. A maioria das combinações foram superiores às testemunhas, com destaque para híbridos oriundos dos genitores 117 e 301.

**Palavras-chave:** Análise dialélica. *Cucurbita moschata*. Óleo vegetal. Plantas compactas.

## CHAPTER I

### PARENTAL POTENTIAL FOR DEVELOPING BREEDING POPULATIONS TO ENHANCE SEED OIL YIELD IN PUMPKINS

#### ABSTRACT

Pumpkin seeds represent significant waste, despite the promising market for seed oil due to their nutritional quality and medicinal value. However, industrial production faces limitations, as the cultivars available on the market have a reduced number of seeds, low oil content, and indeterminate growth, which hinders higher planting densities. In this context, the Federal University of Viçosa has been developing an innovative pumpkin breeding program aimed at compact, early-maturing plants with high seed and oil yield, promoting significant advances for the production chain and adding value to pumpkin cultivation. This study aimed to estimate gene effects for traits of interest in pumpkins and identify the best parental lines and hybrid combinations for developing populations of compact, early-maturing plants with high seed and oil production. Fifteen F1 hybrids from crosses between six parental lines previously selected in the aforementioned program and two controls - the Tetsukabuto hybrid and the Tronco Verde cultivar - were evaluated. Seventeen traits aligned with the program's objectives were assessed. Data were subjected to ANOVA, followed by Griffing's diallel analysis, and finally, genotype means were compared with control means using Dunnett's test. Based on combining abilities, additive gene effects were predominant in determining traits related to compact plants and early maturity, while non-additive effects influenced internal fruit cavity characteristics. Parental lines 301, 516, 447, and 117 stood out for the traits of interest. The hybrid combinations 117×516, 301×369, 301×447, 369×516, 369×559, 447×516, and 447×559 can be used to obtain segregants with thinner flesh and, consequently, a larger internal cavity to accommodate more seeds. Most hybrid combinations outperformed the controls, particularly those derived from parental lines 117 and 301.

**Keywords:** Diallel analysis. *Cucurbita moschata*. Vegetable oil. Compact plants.

## 1 INTRODUÇÃO

As sementes de abóbora são utilizadas em regiões específicas, embora esse aproveitamento corresponda a apenas uma pequena fração, pois, rotineiramente, as sementes são descartadas (Anastácio *et al.*, 2021). Para reduzir desperdício e gerar benefícios econômicos, tanto para os produtores quanto para a indústria alimentícia, é fundamental que as sementes sejam aproveitadas em larga escala na produção industrial (Silva; Souza, 2020).

O mercado de óleo de sementes de abóbora é promissor devido à sua excelente qualidade nutricional e elevado valor medicinal. O óleo contém alto teor lipídico, que pode atingir até 50% de sua composição (Patel, 2013) e é composto por até 75% de ácidos graxos insaturados, com predominância do linoleico e oleico (Hu *et al.*, 2023). Além disso, o óleo da semente é rico em componentes bioativos, como vitamina E, carotenoides, flavonoides, polifenóis e tocoferóis, que têm importante atividade antioxidante, antibacteriana e antifúngica (Veronezi; Jorge, 2015; Polyzos *et al.*, 2024).

É importante destacar, entretanto, que a indústria de abóbora foca principalmente na produção de frutos para a obtenção de polpa, o que resulta em cultivares disponíveis no mercado com poucas sementes e com baixas concentrações de óleo. Além disso, esses genótipos apresentam ramas longas e hábito de crescimento indeterminado, o que impossibilita maiores adensamentos (Nick; Borém, 2017), reduz o número de frutos por hectare e compromete a produção de sementes para extração de óleo.

Nesse contexto, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) iniciou, no ano de 2013, o Programa de Melhoramento de *Cucurbita moschata* com o objetivo de introduzir alelos relacionados a entrenós mais curtos, que resulta no hábito de crescimento “tipo moita” e que permite aumento do número de plantas por área, elevando a produtividade de frutos e, conseqüentemente, a produção de sementes para extração de óleo (Almeida *et al.*, 2020). O programa visa promover avanços significativos para a cadeia produtiva e agregar valor à cultura da abóbora, pelo uso da polpa e das sementes, o que resulta na redução de desperdícios e gera benefícios econômicos para os produtores e indústria alimentícia.

Para isso, é essencial identificar, no programa, os melhores genitores e combinações híbridas para geração de populações mais promissoras para cruzamentos futuros, o que possibilitará a piramidação de genes relacionados a plantas mais compactas, prolíficas e com alta produção de sementes e óleo, a serem lançadas como cultivares no mercado.

Diante disso, a análise de dialélica é uma ferramenta que permite prover estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos

genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Hussein; Hamed, 2015). Entre as metodologias mais utilizadas estão a proposta de Griffing (1956), pela qual são estimados os efeitos e as somas dos quadrados de efeitos da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012). O conhecimento acerca das capacidades geral e específica de combinação é importante em estudos de diversidade genética, obtenção de grupos heteróticos, elucidação da heterose e desenvolvimento de híbridos comerciais (Fan *et al.*, 2014).

Na literatura são encontrados alguns trabalhos sobre análise dialélica em abóbora, no entanto, estes estão concentrados, especialmente, em países da África e da Ásia (Hussein; Hamed, 2015; Rana *et al.*, 2016), e não levaram ao lançamento de cultivares adaptadas as condições brasileiras.

Diante da lacuna na literatura sobre o tema, especialmente pela ausência de estudos com germoplasma tropical do Brasil, e considerando a importância da variabilidade genética desse germoplasma para o melhoramento vegetal, os objetivos deste trabalho foram: estimar os efeitos gênicos para características de interesse em abóbora e identificar os melhores genitores e combinações híbridas para a formação de populações de plantas compactas, precoces e com alta produção de sementes e óleo de sementes.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Recursos fitogenéticos**

Os genitores utilizados na obtenção dos híbridos foram seis genótipos previamente selecionados por Almeida (2021) considerando plantas mais compactas, precoces e com maior produção de óleo funcional de sementes. O autor avaliou 76 famílias RC<sub>1</sub> advindas do cruzamento inicial entre o acesso BGH 7319 e a cultivar Tronco verde. A seleção dos melhores genótipos para os caracteres de interesse foi realizada com o auxílio do índice FAI-BLUP, comparando-se três estratégias de seleção: entre famílias, dentro de famílias e entre indivíduos independentes da família. A seleção realizada concomitantemente por essas estratégias resultou nos genitores utilizados na presente pesquisa: 117, 301, 369, 447, 516 e 559.

Os cruzamentos direcionados foram realizados em condição de campo pelo método convencional, onde as flores femininas e masculinas utilizadas na polinização manual eram identificadas e amarradas no dia anterior à abertura floral (antese), caracterizada por sua maior turgidez e amarelamento leve no ápice do tubo da corola. As flores foram impedidas de abrir amarrando-se as pontas para a proteção das flores de polinização indesejada. No dia seguinte,

pela manhã, as flores masculinas eram destacadas da planta, removiam-se as pétalas, e os estames contendo pólen eram transferidos para as flores femininas. Posteriormente, as flores femininas eram novamente fechadas e identificadas de acordo com a combinação (Nick; Borém, 2016). Desta forma, foram obtidas as sementes do cruzamento dos seis genitores dois a dois, totalizando 15 híbridos  $F_1$ 's [ $p(p-1)/2$  tratamentos].

Para produção de mudas nessa fase e na posterior foram utilizadas bandejas de isopor de 72 células preenchidas com substrato comercial Tropstrato<sup>®</sup> e transplantadas para o campo no estágio de primeira folha definitiva totalmente expandida.

## 2.2 Instalação e condução do experimento

O transplântio foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE-Horta Velha), pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (DAA/UFV), situada a 20°45'16" S de longitude e 42°50'21" W de latitude, a uma altitude de 660 metros acima do nível do mar.

Os tratamentos incluíram 15 híbridos e duas testemunhas: a cultivar Tronco Verde, portadora do gene para o nanismo, e o híbrido comercial Tetsukabuto, amplamente utilizado na região. Foi utilizado o delineamento em blocos completos casualizados, com duas repetições. A unidade experimental foi formada por quatro plantas, onde avaliou-se as duas centrais. O espaçamento adotado foi de 3,5 x 3,5 metros entre plantas e fileiras.

A área foi preparada previamente por meio de gradagem e coveamento. Durante a gradagem evitou-se o destorroamento excessivo do solo, para permitir a fixação adequada das gavinhas e reduzir a área de contato dos frutos com o solo, prevenindo podridões e formação de manchas.

Foi realizada análise de solo preliminar (ANEXO A) e a adubação foi feita de acordo com as necessidades da cultura, seguindo as diretrizes estabelecidas no documento "Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais" de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

A irrigação foi realizada por meio de sistema de gotejamento com utilização de mangueira cega tubo Pelbd de 16 mm, as quais foram perfuradas e conectadas a botões gotejadores cilíndrico de 4 L/h. Foram realizados ajustes da quantidade de água ao longo do ciclo, de acordo com as necessidades da cultura para garantir o desenvolvimento adequado das plantas. A colheita foi realizada quando os frutos atingiram a maturidade comercial, indicados pela redução do brilho e ressecamento do pedúnculo.

### 2.3 Avaliações morfoagronômicas

Foram mensuradas as seguintes características:

- Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF) – foram contados o número de dias do transplântio das mudas até a abertura da primeira flor de cada sexo. Para a transformação em graus dias coletou-se os dados de uma estação meteorológica instalada no local do experimento. A temperatura basal inferior foi de 12 °C (Souza *et al.*, 2015) e utilizou-se o estimador proposto por Arnold (1959):

$$GD = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_b$$

$$GDA = \sum_{i=1}^n GD_i$$

Em que:  $GD$  = Graus dias;  $T_{max}$  = Temperatura máxima do dia;  $T_{min}$  = Temperatura mínima do dia;  $T_b$  = Temperatura basal inferior e;  $GDA$  = Graus dias acumulados;

- Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED) – obtidos pela razão do comprimento, em cm, de três entrenós, localizados imediatamente antes e após a primeira estrutura floral feminina, pelo número de entrenós em cada intervalo;
- Número de frutos por planta (NFP) – contagem do número de frutos maduros em cada planta;
- Massa de frutos (MF) – obtida a partir de balança analítica, em quilogramas;
- Número total de sementes por fruto (NTSF) – contagem do número de sementes viáveis por fruto;
- Massa total de sementes por fruto (MTSF) e massa de cem sementes (M100S) – mensuradas por meio de balança analítica digital, em gramas, com precisão de duas casas decimais;
- Comprimento (CMS), largura (LMS) e espessura média da semente (EMS) – mensurados com auxílio de paquímetro digital, com unidades em milímetros;
- Espessura média da polpa (EMP) – obtida pela mensuração dos quatro lados da polpa com auxílio de paquímetro digital e posterior transformação em centímetros;
- Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna do fruto (DLCI) – com auxílio de regra graduada, em cm;
- Produtividade de sementes por planta (PRODSP) – obtida por meio do produto entre NFP e MTSF; e

- Teor total de óleo (TO%) – realizado por meio de extrator Soxhlet, contendo o solvente n-hexano, pelos seguintes procedimentos: a) uma amostra das sementes de cada parcela foi separada, colocada em recipiente individual e seca por 48h em estufa com circulação e renovação de ar a uma temperatura de 65 °C, juntamente com a secagem dos cartuchos usados no extrator; b) após esse tempo, as amostras foram retiradas e maceradas com o auxílio de almofariz para o aumento da área de contato com o solvente; c) os cartuchos vazios foram pesados previamente (peso P0) e, a posteriori, cheios com a amostra macerada e colocados novamente em estufa ventilada por 24h a 65 °C; d) os cartuchos, dessa vez contendo a amostra, foram pesados em balança de precisão (peso P1) e introduzidos no Soxhlet, submersos em 200 mL de n-hexano, durante 3 horas a 80 °C e 2 horas a 110 °C; e) os cartuchos contendo amostras após a extração foram levados novamente para estufa por 2 a 3 horas a uma temperatura de 65 °C para a evaporação do hexano, seguindo-se de uma nova pesagem em balança de precisão (peso P2).

Por fim, o teor de óleo, em porcentagem, foi calculado por meio do seguinte estimador:

$$TO(\%) = \frac{P1 - P2}{P1 - P0} \times 100$$

Onde: TO (%) = teor de óleo em porcentagem; P0 = peso do cartucho vazio; P1 = peso do cartucho contendo amostra antes da extração do óleo e; P2 = peso do cartucho contendo amostras após a extração do óleo.

Os caracteres MF, NTSF, MTSF, M100S, EMP, DTCl e DLCl foram mensurados em três frutos por planta escolhidos aleatoriamente, enquanto os caracteres relacionados a dimensões das sementes (CMS, LMS e EMS) foram obtidos de três sementes por fruto.

## 2.4 Análises genético-estatísticas

Os dados de cada característica foram previamente testados quanto a normalidade e homocedasticidade pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente, pressupostos para a análise de variância (ANAVA). A ANAVA foi utilizada para testar a presença de variabilidade entre os tratamentos (híbridos e testemunhas) e seguiu o modelo usual de delineamentos em blocos ao acaso.

Em seguida, foi realizada a análise dialélica, que decompõe a fonte de variação genótipos em CGC e CEC. Utilizou-se a metodologia proposta por Griffing (1956) e o método utilizado foi o de número 4 (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012), que leva em consideração apenas os híbridos F<sub>1</sub>'s, adotados como de efeito fixo. Por fim, as médias dos genótipos (híbridos) foram contrastadas com as médias das testemunhas, pelo teste Dunnett, a 5% de probabilidade.

Todas as análises foram realizadas por meio dos softwares R (R Core Team, 2023) e Genes (Cruz, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise de variância

Houve efeito significativo de genótipos (G) sobre GDAF, GDAM, CMEA, CMED, EMS e DLCI, características importantes relacionadas a precocidade de florescimento, porte da planta, formato do fruto e dimensão da semente (Tabela 1). A significância desse efeito indica a possibilidade de seleção de genótipos agronomicamente superiores para os caracteres, uma vez que a variabilidade genética é a base fundamental para o trabalho do melhorista em programas de melhoramento, sendo indispensável para alcançar ganhos por meio da seleção (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012; Azevedo *et al.*, 2013, Silva *et al.*, 2014).

A variabilidade observada entre os genótipos era esperada, considerando que a abóbora é predominantemente cultivada em agricultura familiar e, portanto, a seleção empírica praticada ao longo da história por esses produtores, aliada à troca recorrente de sementes e à alogamia da espécie, contribui para a grande variabilidade, além de favorecer a adaptabilidade a diversas condições edafoclimáticas (Gomes *et al.*, 2020a; Gomes *et al.*, 2022).

Entre os caracteres estudados, o CVe (%) variou de 5,25 para GDAM a 37,02 para PRODSP (Tabela 1), resultados de acordo com os encontrados por Gomes *et al.* (2020a) para as mesmas características. Essas estimativas evidenciam uma menor complexidade no controle do primeiro caráter se comparado ao segundo. Coeficiente de variação experimental abaixo de 15% denotam boa a excelente precisão experimental (Almeira *et al.*, 2020).

É comum, entretanto, que alguns caracteres de abóbora, como os relacionados a produtividade de frutos e sementes, apresentem CVe alto, com valores acima de 30%, como demonstrado por alguns autores (Blank *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2020a; Gomes *et al.*, 2022). Além disso, é importante destacar que a estimativa de CVe reflete as condições específicas de um determinado ensaio, sendo possível a diminuição destas estimativas em um controle mais rigoroso das condições ambientais (Redig, 2007).

**Tabela 1.** Quadrados médios de tratamentos (Trat), genótipos (G), testemunhas (T) e genótipos *versus* testemunhas (G vs T) para caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

FV	GL	Caracteres							
		GDAF	GDAM	CMEA	CMED	NFP	MF	NTSF	MTSF
Trat	16	14366,33**	5784,77**	19,52**	36,01**	7,23 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	9824,18 <sup>ns</sup>	239,12*

Gen (G)	14	12687,75**	3896,88**	13,99*	20,43**	6,34 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	7182,99 <sup>ns</sup>	148,80 <sup>ns</sup>	
Test (T)	1	345,31 <sup>ns</sup>	12078,56**	98,21**	218,89**	2,25 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	37636,00 <sup>ns</sup>	616,03*	
G vs T	1	51887,37**	25921,42**	18,30 <sup>ns</sup>	71,22**	24,79*	0,44 <sup>ns</sup>	18989,02 <sup>ns</sup>	1126,78**	
Resíduo	16	2071,33	702,18	5,70	4,59	3,56	0,14	9923,88	78,48	
<b>CVe (%)</b>		9,21	5,25	34,77	22,61	31,00	23,64	35,08	26,29	
		<b>Caracteres</b>								
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>M100S</b>	<b>CMS</b>	<b>LMS</b>	<b>EMS</b>	<b>EMP</b>	<b>DTCI</b>	<b>DLCI</b>	<b>PRODSP</b>	<b>TO (%)</b>
Trat	16	19,20 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,59*	0,10**	0,85**	1,08 <sup>ns</sup>	14,92**	14831,44*	79,46**
Gen (G)	14	10,46 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,06**	0,44 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	12,84**	9751,28 <sup>ns</sup>	12,70 <sup>ns</sup>
Test (T)	1	77,88*	1,89 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,30**	6,48**	0,27 <sup>ns</sup>	58,91**	4308,61 <sup>ns</sup>	554,91**
G vs T	1	82,83*	0,16 <sup>ns</sup>	2,91**	0,46**	0,92*	3,59 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	96476,47**	538,56**
Resíduo	16	12,48	0,88	0,23	0,08	0,20	1,32	2,30	5710,42	23,54
<b>CVe (%)</b>		26,57	5,83	5,38	11,99	14,35	12,42	16,06	37,02	13,77

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Cve: coeficiente de variação experimental. Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes (M100S); Comprimento (CMS), Largura (LMS) e Espessura média da semente (EMS); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); Produtividade de sementes por planta (PRODSP); e Teor total de óleo (TO%).

### 3.2 Capacidade Geral (CGC) e específica de combinação (CEC)

Diferenças significativas para a CGC foram observadas para os caracteres GDAF e GDAM (precocidade), CMEA e CMED (plantas mais compactas), DLCI (fruto) e PRODSP (semente) (Tabela 2). Estimativas significativas para CGC indicam que efeitos gênicos aditivos estão envolvidos no controle genético do caráter (Ferreira *et al.*, 2019). Para os caracteres nos quais o CGC foi não significativo pode-se deduzir que os genitores possuem a mesma frequência de alelos favoráveis em suas contribuições.

Obter informações relacionadas aos efeitos de CGC dos genitores é essencial, pois auxilia na previsão do potencial genético dos cruzamentos e na escolha, com sucesso, de melhores estratégias na condução de programas de melhoramento (Ferreira *et al.*, 2019). Dessa forma, a presença de efeitos gênicos aditivos para os caracteres mencionados permite presumir a possibilidade de obtenção de novos genótipos promissores por meio da seleção.

As características EMP e DLCI foram significativas para CEC ao nível de significância de 1 e 5%, respectivamente (Tabela 2). A significância da CEC para espessura média da polpa e diâmetro longitudinal da cavidade interna destaca diferentes graus de complementação entre os genitores testados, ou seja, determinadas combinações híbridas mostram diferença no desempenho fenotípico esperado (Ferreira *et al.*, 2019).

Vale ressaltar, entretanto, que a CEC, utilizada para indicar os melhores cruzamentos entre os genitores, depende da presença de *loci* com efeitos de dominância e/ou epistasia e não apresenta significância na ausência de dominância (Vencovsky; Barriga, 1992; Lalla *et al.*,

2010). Em outras palavras, a não significância da CEC para a maioria das características sugerem que os genitores utilizados nas combinações não possuem divergência, mas isso só é válido em relação a *loci* que exibem dominância e estes podem ter diversidade em *loci* puramente aditivos. Dessa forma, quando estimada CEC não significativa, combinações promissoras podem ser sugeridas a partir da observação apenas dos resultados de CGC (Ramalho *et al.*, 2012).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância do dialelo de Griffing (1956) com as estimativas dos quadrados médios de 17 caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

FV	GL	Caracteres							
		GDAF	GDAM	CMEA	CMED	NFP	MF	NTSF	MTSF
Tratamento	14	12687,75**	3896,88**	13,99 <sup>ns</sup>	20,43**	6,34 <sup>ns</sup>	191929,29 <sup>ns</sup>	7182,99 <sup>ns</sup>	148,80 <sup>ns</sup>
C.G.C.	5	27256,98**	9359,07**	25,77*	40,06**	9,76 <sup>ns</sup>	207824,47 <sup>ns</sup>	11688,74 <sup>ns</sup>	175,73 <sup>ns</sup>
C.E.C	9	4593,74 <sup>ns</sup>	862,34 <sup>ns</sup>	7,45 <sup>ns</sup>	9,53 <sup>ns</sup>	4,43 <sup>ns</sup>	183098,64 <sup>ns</sup>	4679,79 <sup>ns</sup>	133,83 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	2312,21	782,22	5,97	5,12	3,81	150178,82	10932,59	86,88

  

FV	GL	Caracteres									
		MTSF	M100S	CMS	LMS	EMS	EMP	DTCI	DLCI	PRODSP	TO
Tratamento	14	148,80 <sup>ns</sup>	10,46 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,44*	0,96 <sup>ns</sup>	12,84**	9751,28 <sup>ns</sup>	12,70 <sup>ns</sup>
C.G.C.	5	175,73 <sup>ns</sup>	14,61 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	17,55**	20639,68*	12,25 <sup>ns</sup>
C.E.C	9	133,83 <sup>ns</sup>	8,16 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,49*	1,02 <sup>ns</sup>	10,22**	3702,16 <sup>ns</sup>	12,95 <sup>ns</sup>
Resíduo	14	86,88	13,79 <sup>ns</sup>	0,98	0,25	0,09	0,15	1,26	2,46	6458,11	25,39

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes; Comprimento (CMS), Largura (LMS) e Espessura média da semente (EMS); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); Produtividade de sementes por planta (PRODSP); e Teor total de óleo (TO%).

De modo geral, os potenciais híbridos a serem selecionados são aqueles com maior CEC no sentido favorável ao caráter, oriundo de pelo menos um genitor com elevadas magnitudes de CGC (Cruz, Regazzi; Carneiro, 2012).

Para caracteres de precocidade (GDAF e GDAM), os melhores genitores são 301 e 516 por apresentarem os maiores efeitos negativos entre os demais, visto que é uma característica a qual deseja-se reduzir (Tabela 3). Os híbridos provenientes dos cruzamentos entre esses genitores e que apresentem valores negativos são promissores para a obtenção de populações com menores graus dias para florescimento e, conseqüentemente, para plantas com menor ciclo. Destacam-se, além da combinação dos melhores genitores (301×516), os híbridos 301×559 e 369×516 para ambas as características.

Os genitores 301, 447 e 117 foram os mais promissores para menores entrenós (CMEA e CMED) (Tabela 3). A não significância da CEC para ambas as características sugere que

qualquer combinação de efeito negativo, oriunda dos cruzamentos com esses genitores pode ser utilizada, pois há indícios que se trata de uma característica de efeito aditivo. Entretanto, por meio de estimativas de componentes genéticos lineares e quadráticos, Almeida *et al.* (2020) demonstraram a ocorrência de efeitos de dominância para CMEA, evidenciando que essa característica é controlada por um gene de efeito maior, com efeitos aditivos e de dominância, além de múltiplos poligenes com efeitos aditivos e de dominância, e efeitos ambientais. Pode-se destacar, então, as combinações 301×559 (-2,48), 369×447 (-2,27), 117×516 (-1,54) e 447×559 (-1,50), pois obtiveram os maiores efeitos negativos para CEC entre as combinações envolvendo os melhores genitores.

Para o CMED podem ser utilizadas qualquer uma das combinações híbridas provenientes dos genitores em destaque (117, 301 e 447), visto que, neste caso, a característica é de efeito aditivo e controlada por poligenes aditivos mais efeitos ambientais (Almeida *et al.*, 2020).

**Tabela 3.** Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush), segundo o método de Griffing (1956). Viçosa, MG.

Progenitores	Caracteres								
	GDAF	GDAM	CMEA	CMED	NFP	MF	NTSF	MTSF	M100S
	<b>C.G.C.</b>								
117	-2,95	10,64	-0,53	-1,30	-0,75	225,99	29,03	2,76	1,73
301	-107,17	-64,43	-2,53	-3,14	-1,75	169,44	-50,29	-5,23	1,37
369	31,32	3,08	1,97	1,42	0,44	-170,27	-35,27	-4,72	-1,01
447	40,93	30,06	-1,22	-1,26	0,63	-28,39	3,31	2,71	0,27
516	-14,00	-4,81	0,31	1,55	0,06	-120,21	51,73	6,43	-0,73
559	51,86	25,47	1,99	2,73	1,38	-76,56	1,49	-1,96	-1,62
	<b>Híbridos</b>								
	<b>C.E.C.</b>								
117×301	39,34	15,37	0,58	1,17	1,60	-62,92	-28,38	-7,35	1,75
117×369	38,55	13,19	-0,04	-0,73	1,66	183,90	-5,11	-5,49	-3,46
117×447	-70,41	-25,68	1,52	1,89	-1,03	66,48	-36,53	-2,20	2,53
117×516	29,34	9,54	-1,54	-2,78	-2,46	139,14	67,89	16,09	0,68
117×559	-36,82	-12,41	-0,52	0,46	0,23	-326,60	2,13	-1,05	-1,50
301×369	-7,96	14,70	0,58	0,86	-1,84	348,88	29,79	9,65	1,40
301×447	45,07	-2,49	1,86	1,54	0,23	-262,81	-29,37	-0,55	-0,95
301×516	-19,48	-11,47	-0,54	-0,94	0,29	-152,16	-40,29	-8,03	-2,03
301×559	-56,96	-16,11	-2,48	-2,62	-0,28	129,02	68,24	6,29	-0,18
369×447	-13,16	-13,30	-2,27	-1,53	0,54	-167,81	36,27	3,29	-0,56
369×516	-35,71	-1,39	-0,54	0,25	0,85	18,54	-36,14	-5,86	0,80
369×559	18,28	-13,19	2,27	1,15	-1,21	-383,52	-24,82	-1,59	1,81
447×516	-5,58	1,54	0,40	0,27	0,16	-111,24	41,86	0,46	-0,17
447×559	44,07	39,93	-1,50	-2,17	0,10	475,38	-12,24	-1,00	-0,85
516×559	31,44	1,78	2,23	3,19	1,16	105,73	-33,32	-2,65	0,71
	<b>Caracteres</b>								
Progenitores	CMS	LMS	EMS	EMP	DTCI	DLCI	PRODSP	TO (%)	
	<b>C.G.C.</b>								
117	-0,34	-0,05	0,11	0,22	-0,15	0,65	-23,15	-0,32	
301	0,25	0,37	0,06	0,00	-0,16	1,70	-82,76	-1,68	
369	-0,31	-0,01	-0,09	-0,36	-0,13	-0,00	-17,03	0,00	
447	0,66	-0,21	-0,06	-0,10	-0,04	0,47	51,95	-0,52	

516	0,05	0,05	0,03	0,21	-0,18	-0,09	33,85	0,46
559	-0,31	-0,15	-0,05	0,02	0,66	-2,73	37,14	2,06
<b>Híbridos</b>	<b>C.E.C.</b>							
117×301	-0,05	-0,22	-0,18	0,16	-0,12	-0,11	25,02	-0,53
117×369	0,08	-0,43	-0,23	0,21	1,16	-1,06	41,22	2,03
117×447	-0,15	0,32	0,03	0,46	0,00	-1,09	-45,10	0,45
117×516	-0,42	0,66	0,17	-0,41	-1,01	4,10	-43,47	-1,79
117×559	-0,30	-0,32	0,21	-0,42	-0,03	-1,84	22,33	-0,16
301×369	-0,05	0,72	0,01	0,39	-0,51	1,98	-4,04	0,03
301×447	0,36	-0,08	0,18	-0,28	-0,28	1,16	-2,14	-3,83
301×516	0,29	0,08	0,00	0,04	0,79	-2,29	-29,29	0,72
301×559	-0,55	-0,51	-0,01	-0,30	0,13	-0,74	10,45	3,61
369×447	-0,61	-0,35	0,14	0,03	-0,63	0,27	31,66	2,38
369×516	-0,11	-0,37	0,07	-0,26	0,31	-0,53	2,84	-1,52
369×559	0,69	0,44	0,00	-0,36	-0,32	-0,67	-71,68	-2,92
447×516	-0,18	-0,33	-0,20	-0,32	0,30	-2,43	23,30	2,07
447×559	0,57	0,43	-0,15	0,12	0,61	2,10	-7,72	-1,06
516×559	-0,43	-0,04	-0,05	0,96	-0,38	1,15	46,62	0,53

Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEN) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes; Comprimento (CMS), Largura (LMS) e Espessura média da semente (EMS); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); Produtividade de sementes por planta (PRODSP); e Teor total de óleo (TO%).

Em um programa de melhoramento com vista a maior produção de óleo busca-se menores espessuras médias de polpa, pois isso gera maior espaço para produção de sementes. Os genitores com efeito de CGC negativo para EMP foram 369 e 447 e as melhores combinações híbridas decorrentes dos mesmos são: 369×559 (-0,36), 447×516 (-0,32), 301×447 (-0,28) e 369×516 (-0,26) (Tabela 3).

As combinações entre 117×559 e 117×516 apresentaram as maiores estimativas negativas para CEC (-0,42 e -0,41, respectivamente), porém advêm de genitores desfavoráveis para a diminuição da espessura da polpa do fruto (Tabela 3). Vale ressaltar também que, caso o direcionamento de um programa seja o maior rendimento de polpa, há, entre os genitores e combinações, genótipos favoráveis à seleção nesse sentido.

Os genitores 117, 301 e 447 apresentaram efeitos positivos de CGC para DLCI (Tabela 3) e destaca, mais uma vez, superioridade destes para outra característica de interesse do programa de melhoramento de *C. moschata* da UFV (Tabela 3). Assim, a combinação 301×447 (1,16) que envolve dois genitores bons, bem como os híbridos 117×516 (4,10), 447×559 (2,10) e 301×369 (1,98) são genótipos que podem ser explorados na obtenção de populações com maiores cavidades internas dos frutos, pois são descendentes de ambos ou de um dos genitores mencionados e apresentaram efeitos de CEC positivos, o que indica uma boa complementariedade de alelos herdados relacionados a essa característica.

Na produtividade de sementes por planta (PRODSP) houve destaque para o genitor 447 que obteve maior efeito positivo de CGC (51,95). Os híbridos de maior efeito de CEC para a característica e que descendem diretamente desse genitor são 369×447 (31,66) e 447×516 (23,30) (Tabela 4). Além disso, o híbrido 516×559 obteve a maior complementariedade em relação a CEC (46,62) e descende de dois genitores com alta CGC positiva (Tabela 3).

De modo geral, para plantas mais precoces houve destaque para dois genitores, o 301 e 516. O genitor 301 também se destacou por conter alelos favoráveis para encurtamento do entrenó e maior cavidade interna de frutos. Além disso, os genitores 447 e 117 foram promissores para menor entrenó nas ramas, diminuição da espessura média de polpa e aumento do diâmetro longitudinal da cavidade interna do fruto.

Devido a presença de efeitos aditivos observada para diversos caracteres de interesse, uma alternativa viável para os genitores selecionados seria a autofecundação sucessiva para a formação de linhagens. Isso pode ser realizado devido as cucurbitáceas, em geral, não sofrer tanta depressão por endogamia como outras alógamas (Cardoso, 2007). Dessa forma, além da possibilidade de lançamento de linhagens, tem-se a possibilidade do desenvolvimento de híbridos F<sub>1</sub>'s a partir de linhagens mais avançadas, onde os alelos de interesse estarão fixados.

As combinações híbridas com maiores efeitos na direção de interesse para características significativas da CEC (EMP e DLCI) foram 117×516, 301×369, 301×447, 369×516, 369×559, 447×516 e 447×559, com destaque para 301×447 que obteve elevados efeitos nas duas características. Populações advindas desses híbridos podem originar segregantes com menor espessura de polpa e, conseqüentemente, maior cavidade interna para comportar mais sementes.

Para casos de CEC não significativa, combinações promissoras podem ser sugeridas com base na observação das elevadas CGC, destacando-se combinações oriundas dos progenitores 117, 301 e 516 que possuem efeitos de CGC significativos, elevados e na direção da melhoria das características de interesse (Ramalho *et al.*, 2012). As populações oriundas dos cruzamentos envolvendo os genitores em questão podem ser inter cruzadas para a continuidade do Programa de Melhoramento de *Cucurbita moschata* da UFV e, assim, dar origem a germoplasmas que concentrem alelos para plantas precoces e compactas, com grande produção de frutos, sementes e óleo de sementes.

### 3.3 Teste de Dunnett

Em complementação às análises anteriores, realizou-se o teste de Dunnett com a finalidade de comparar os genótipos (híbridos) com o grupo controle (testemunhas). Foram

observadas diferenças significativas em relação a uma ou ambas as testemunhas em 12 dos 17 caracteres avaliados (Tabela 4).

O caráter graus dias acumulados para o florescimento feminino (GDAF) variou de 367,63 a 645,15, enquanto graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) variou de 433,94 a 610,12 nos híbridos testados (Tabela 4). Gomes *et al.* (2024) encontraram média de 606,32 ao avaliarem a característica graus dias acumulados para florescimento feminino em 91 acessos de *C. moschata* do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV), o que demonstra que a maioria dos genótipos avaliados neste trabalho possuem valores baixos para estas características.

Observou-se superioridade da combinação 301×516 tanto para GDAF quanto para GDAM, pois obteve a menor média entre os híbridos e não diferiu estatisticamente das testemunhas (Tabela 4). Ainda, houve destaque para os híbridos 301×559, 301×369, 301×447 e 117×301 para ambos os casos, o que mostra uma tendência de maior precocidade em todos os cruzamentos nos quais o parental 301 participou. Possivelmente, este genótipo possui genes associados a florescimento precoce e, conseqüentemente, redução do ciclo da cultura.

Destaca-se que a redução do número de dias para o surgimento de flores femininas e masculina é desejável, pois aumenta a precocidade de frutificação e ciclo da planta (Ferreira *et al.*, 2019). Quanto menor o tempo em que a cultura permanecer no campo, menores serão os gastos com mão de obra e insumos para manutenção, além de reduzir o tempo em que ela estará propensa ao ataque de pragas e doenças.

Em programas de melhoramento de abóbora, a seleção de genótipos com menores entrenós (crescimento arbustivo) é desejável, pois possibilita o maior adensamento das plantas e pode resultar em maior número de frutos por área e, conseqüentemente, de sementes e óleo. A cultivar Tronco Verde é reconhecida por possuir o gene de nanismo (*Bush* ou *Bu*) em homozigose, sendo boa referência em trabalhos que têm como foco plantas mais compactas. O gene *Bu* pode reduzir o comprimento do entrenó para até dois centímetros em média (Zhang; Yu; Medina, 2012).

A cultivar Tronco Verde obteve médias de 3,92 e 6,04 para CMEA e CMED, respectivamente (Tabela 4). Resultados semelhantes foram alcançados por Almeida *et al.* (2020) em estudo de herança do entrenó em *C. moschata*, onde as médias foram 4,08 e 6,05, em ordem, para as mesmas características e cultivar. Na presente pesquisa, observou-se que muitos híbridos não diferiram estatisticamente da cultivar referência para ambas as características, com destaque para as combinações 117×301, 301×559, 301×516 e 301×447.

Wu e Cao (2008) sugerem que o gene *Bu*, responsável pela formação de internódios mais curtos em abóboras, também está ligado à floração mais precoce nesta espécie, o que foi observado nesta pesquisa, pois as combinações com o genótipo 301 foram as melhores tanto para plantas mais compactas quanto para plantas mais precoces.

A avaliação do entrenó antes e após a floração feminina se deve ao fato de que alguns estudos sobre o gene *Bu* em espécies do gênero *Cucurbita* relataram que seu efeito dominante ocorre apenas na fase inicial de crescimento da planta, atuando de forma recessiva durante a fase reprodutiva, geralmente quando ocorre a emissão da primeira ou segunda flor feminina, fenômeno conhecido como reversão da dominância (Cabrera; Mosquera, 1998; Paris; Edelstein, 2001; Zhang *et al.*, 2015; Almeida *et al.*, 2020).

Na presente pesquisa, a análise dialélica estimou apenas efeitos aditivos na determinação do comprimento do entrenó antes e após o florescimento feminino como visto na tabela 2. Em concordância, observou-se que as combinações híbridas que não diferiram estatisticamente da cultivar Tronco Verde, não tiveram crescimento vigoroso após a floração (Tabela 4). Assim, é possível deduzir que não ocorreu a reversão de dominância nesses indivíduos heterozigotos, pois o alelo possivelmente está fixado pela seleção realizada por Almeida (2021), resultado importante para os objetivos do programa.

Vale destacar que a forma mais comum de plantas de abóbora apresenta crescimento vigoroso, a exemplo do híbrido comercial Tetsukabuto que obteve as maiores médias para as duas características relacionadas ao entrenó (Tabela 4). No tipo de crescimento rastejante, uma única planta pode ocupar até 25 m<sup>2</sup>, o que torna a produtividade baixa e apresenta-se como um fator limitante na exploração econômica do óleo das sementes (Laurindo *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2020b). Nessa condição, o programa de melhoramento de *C. moschata* da UFV, tem direcionado esforços na obtenção de genótipos com plantas mais compactas. Trabalhos anteriores já demonstraram essa possibilidade com exploração de híbridos e populações segregantes (Laurindo, 2017; Almeida *et al.*, 2020). Esta pesquisa reforça os resultados obtidos anteriormente.

**Tabela 4.** Teste de Dunnett para caracteres morfoagronômicos em híbridos e testemunhas de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

Híbridos	Caracteres											
	G	GDAF	G	GDAM	G	CMEA	G	CMED	G	NFP	G	MF
1. (117×301)	14	645,15***	14	610,12***	12	12,84**	15	16,42**	15	9,00	14	2,0
2. (117×369)	12	609,75***	2	541,57*	15	11,13	12	14,25**	14	8,50	6	1,98
3. (117×447)	15	577,58***	13	541,45*	11	8,34	11	12,17*	10	8,00	1	1,96
4. (117×516)	2	575,21***	5	538,35*	2	8,00	5	10,84*	2	7,75	3	1,90
5. (117×559)	10	567,38***	15	537,08*	5	7,55	13	9,50*	11	7,75	4	1,88
6. (301×369)	13	529,63*	10	534,50*	6	6,63	2	8,34*	5	7,25	2	1,88

7. (301×447)	4	520,67	4	530,02*	3	6,38	3	8,27*	13	7,25	9	1,85
8. (301×516)	5	520,37	12	530,02*	13	6,09*	14	8,25*	12	7,00	15	1,54
9. (301×559)	11	489,89	3	529,68*	14	5,88*	6	8,09*	9	5,75	8	1,53
10. (369×447)	7	487,12	11	511,53*	10	5,08*	10	7,58*	1	5,50	7	1,51
11. (369×516)	3	475,86	7	477,81*	4	4,84*	4	6,42*	7	5,50	5	1,46
12. (369×559)	1	437,51	1	476,24*	7	4,71*	8	6,42*	3	5,25	13	1,38
13. (447×516)	6	424,48	6	468,01*	1	4,13*	7	6,08*	8	5,00	11	1,36
14. (447×559)	9	396,01	9	459,59*	8	3,83*	9	5,92*	4	3,25	10	1,26
15. (516×559)	8	367,63	8	433,94	9	3,59*	1	5,67*	6	3,25	12	1,00
<b>Testemunhas</b>												
Tetsukabuto	16	377,74	16	374,01	16	13,83	16	20,84	16	4,50	16	0,93
Tronco Verde	17	369,32	17	483,91	17	3,92	17	6,04	17	3,00	17	1,63

\*, \*\* e \*\*\*: \* significativamente diferente da testemunha Tetsukabuto; \*\* significativamente diferente da testemunha Tronco Verde; e \*\*\* significativamente diferente de ambas as testemunhas, pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); e Massa de frutos (MF). G: genótipos (híbridos e testemunhas).

Para as características número de frutos por planta (NFP) e massa de frutos (MF), a maioria dos híbridos apresentou média superior às encontradas por Laurindo *et al.* (2017) na avaliação de híbridos e populações segregantes de abóbora, oriundos dos mesmos progenitores que deram origem aos genótipos aqui avaliados. Em ambas as características, grande parte das combinações foram superiores as cultivares Tronco Verde e Tetsukabuto (Tabela 4), este último amplamente comercializado no estado de Minas Gerais.

Vale destacar que a produtividade de frutos é uma característica importante em um programa de melhoramento de *C. moschata*, porém, deve ser considerada também a massa de frutos para que ocorra a aceitação no mercado consumidor desta hortaliça (Gomes *et al.*, 2020a). No Brasil, há predominância do consumo de abóboras com até 3 kg (Resende; Borges; Gonçalves, 2013), e todos os híbridos avaliados estão na faixa de comercialização nacional. Apesar disso, com a diminuição observada no número de integrantes de uma família, deduz-se que esse número diminuirá, o que favorece os híbridos posicionados na parte inferior da Tabela 4, a exemplo de 369×559. Então é razoável que os programas de melhoramento façam seleção de genótipos na direção de diminuição da massa de frutos, visto a preferência do mercado consumidor para frutos pequenos.

Características relacionadas a produtividade de sementes são importantes em programa para fins de maior produção de óleo. Houve diferenças entre híbridos e testemunhas para os caracteres NTSF, MTSF e M100S (Tabela 4.1). O NTSF variou de 216,25 a 441,25, enquanto para MTSF foi de 25,99 a 61,09, variação maior do que a observada por Laurindo *et al.* (2017) para o segundo caráter. Por sua vez, os resultados para M100S foram superiores ao encontrados por Oliveira *et al.* (2016) também no sudeste brasileiro. Para essas características houve destaque para a combinação 117×516 que obteve as maiores médias entre os híbridos e diferiu

estatisticamente do híbrido Tetsukabuto para NTSF e de ambas as testemunhas para MTSF. Em contrapartida, para M100S a superioridade foi dos híbridos 117×301 e 117×447 que diferiram do híbrido comercial e obtiveram médias de 18,72 e 18,40, respectivamente.

**Tabela 4.1.** Teste de Dunnett para caracteres morfoagronômicos em híbridos e testemunhas de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

Híbridos	Caracteres											
	G	NTSF	G	MTSF	G	M100S	G	CMS	G	LMS	G	EMS
1. (117×301)	4	441,25*	4	61,09***	1	18,72*	7	17,29	6	9,82	4	2,79*
2. (117×369)	13	389,50	13	45,41*	3	18,40*	14	16,94	4	9,40	5	2,74
3. (117×447)	5	325,25	3	39,08*	6	15,63	8	16,61	8	9,25	7	2,65
4. (117×516)	15	312,50	15	37,63*	4	15,54	13	16,54	12	9,01	8	2,57
5. (117×559)	9	312,04	10	37,09*	7	14,56	3	16,19	1	8,84	3	2,55
6. (301×369)	10	296,92	5	35,56*	9	13,43	4	16,14	7	8,83	11	2,49
7. (301×447)	3	288,42	14	35,55*	13	13,24	12	16,09	14	8,81	9	2,47
8. (301×516)	14	285,17	6	35,50*	12	13,05	6	15,90	3	8,81	1	2,47
9. (301×559)	2	281,25	9	34,91*	11	12,93	1	15,88	15	8,60	10	2,47
10. (369×447)	11	272,92	7	32,74	10	12,57	10	15,75	9	8,45	6	2,46
11. (369×516)	8	253,75	11	31,65	5	12,48	11	15,64	11	8,41	15	2,40
12. (369×559)	1	242,96	8	28,98	8	12,48	2	15,44	2	8,26	12	2,33
13. (447×516)	6	236,83	2	28,36	15	12,23	9	15,41	13	8,26	2	2,27
14. (447×559)	12	234,00	12	27,54	14	11,67	15	15,33	5	8,22**	13	2,25
15. (516×559)	7	216,25	1	25,99	2	11,12	5	15,07	10	8,17**	14	2,21
Testemunhas												
Tetsukabuto	16	122,25	16	5,53	16	4,61	16	16,92	16	9,54	16	1,84
Tronco Verde	17	316,25	17	30,35	17	13,44	17	15,54	17	9,76	17	2,39

\*, \*\* e \*\*\*: \* significativamente diferente da testemunha Tetsukabuto; \*\* significativamente diferente da testemunha Tronco Verde; e \*\*\* significativamente diferente de ambas as testemunhas, pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes; e Comprimento (CMS), Largura (LMS) e Espessura média da semente (EMS). G: genótipos (híbridos e testemunhas).

A importância de se avaliar as características anteriores está em sua estrita associação com a produtividade de óleo, como demonstrado em estudo de associação entre produtividade de sementes e teor de óleo realizado por Gomes *et al.* (2022). Essa tendência de associação positiva entre características relacionadas ao rendimento de sementes e o teor de óleo já foi relatada em outras culturas, como a soja (Mourtzinis *et al.*, 2017).

Quanto aos caracteres relacionados a dimensão de sementes (CMS, LMS e EMS), destaca-se a combinação 117×516 para EMS, pois foi estatisticamente diferente da cultivar comercial e obteve a maior média (2,79), enquanto para LMS a maior estimativa foi de 301×369 (9,82) (Tabela 4.1). Mais uma vez as combinações 117×516 e 301×369 mostraram superioridade para caracteres de interesse, fato já observado anteriormente. A seleção de genótipos que produzam semente com maiores dimensões é desejável por facilitar o processo de extração das sementes dos frutos, processo este feito em sua maioria de forma manual (Sobreira, 2013).

As características EMP, DTCI e DLCI são intrinsecamente relacionadas tanto ao rendimento de polpa quanto a produtividade de semente, podendo ser consideradas como de dupla aptidão. A EMP variou de 2,33 no híbrido Tetsukabuto, a 4,29 na combinação 516×559, onde destacou-se 12 híbridos diferentes estatisticamente e com média inferior a testemunha Tronco Verde (4,87). O DTCI obteve variação de 8,02 para o híbrido 117×516 a 10,59 para 447×559, porém não apresentou diferenças significativas em relação as testemunhas. Para DLCI, os híbridos 117×516, 301×369, 301×447 e 117×301 diferiram estatisticamente e foram superiores ao híbrido comercial Tetsukabuto (Tabela 4.2).

Em programas de melhoramento com enfoque no fruto e polpa, maior espessura de polpa e menores diâmetros transversais e longitudinais da cavidade interna devem ser priorizados, visto que conferem maior rendimento, fator este importante para a industrialização e comercialização do fruto e por conferir maior aproveitamento no descasque e transporte (Blank *et al.*, 2013).

Em contraste, programas destinados a uma maior produção de sementes, como o caso do programa de melhoramento de *C. moschata* da UFV, devem priorizar menores espessuras de polpa e maiores cavidades, pois este tipo de fruto dispõe de espaço maior para produção de sementes (Pereira *et al.* 2012; Blank *et al.*, 2013).

Duas das principais características foco do trabalho proposto são a produção de sementes por planta (PRODSP) e teor de óleo de sementes (TO%). Houve diferenças significativas em relação a uma ou duas testemunhas para estes caracteres. Para PRODSP, o híbrido 516×559 diferiu estatisticamente de ambas as testemunhas e três foram diferentes de Tetsukabuto. Enquanto para TO% todas as combinações testadas diferiram da cultivar comercial, com a maior média obtida pelo híbrido 301×559, 40,68% (Tabela 4.2). Boas estimativas para características relacionadas a sementes, tais como a PRODSP, podem elevar a produtividade do óleo (Laurindo *et al.*, 2017). Isso pode ser visto para os híbridos 516×559, 447×516 e 369×447, pois diferiram de uma ou ambas as testemunhas e foram alocadas nas primeiras posições nas duas características (Tabela 4.2).

Os resultados para percentual de óleo de sementes se mostraram bastante promissores, superando os encontrados por Gomes *et al.* (2020a), onde a média dessa característica foi de 18,52%, e por Almeida (2021), em pesquisa que antecede esta, a qual o maior valor encontrado foi de 36,23% relativo à geração F<sub>1</sub>. Estes resultados demonstram a presença de boas combinações híbridas destinadas a produção de óleo de semente de abóbora.

Trabalhos de melhoramento voltados para as características de produtividade de sementes e óleo em *C. moschata* são importantes pelo grande potencial do uso do óleo para fins

diversos (Gomes *et al.*, 2020b; Batol *et al.*, 2022). Isso se deve à alta fração lipídica nas sementes desta cucurbitácea, em sua maior parte de ácidos graxos insaturados, que na dieta ajudam no “colesterol bom” (HDL), diminuindo os riscos de doenças cardiovasculares, entre outros benefícios (Hu *et al.*, 2023).

**Tabela 4.2.** Teste de Dunnett para caracteres morfoagronômicos em híbridos e testemunhas de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

Caracteres										
Híbridos	G	EMP	G	DTCI	G	DLCI	G	PRODSP	G	TO (%)
1. (117×301)	15	4,29*	14	10,59	4	14,12*	15	341,17***	9	40,68*
2. (117×369)	3	3,66	2	10,24	6	13,14*	13	332,66*	15	39,75*
3. (117×447)	1	3,47	9	9,98	7	12,79*	14	304,93*	13	38,71*
4. (117×516)	8	3,34**	5	9,83	1	11,70*	10	290,14*	10	38,56*
5. (117×559)	2	3,16**	8	9,81	10	10,20	5	259,87	2	38,40*
6. (301×369)	14	3,14**	12	9,57	3	9,49	11	243,22	5	38,27*
7. (301×447)	6	3,12**	15	9,45	14	9,30	2	224,59	14	37,17*
8. (301×516)	4	3,11**	13	9,44	2	9,05	3	207,25	3	36,30*
9. (301×559)	5	2,91**	11	9,36	11	8,85	4	190,79	8	36,20*
10. (369×447)	13	2,88**	3	9,18	8	8,78	7	190,61	12	35,84*
11. (369×516)	9	2,81**	1	8,92	15	7,80**	9	188,38	11	35,64*
12. (369×559)	7	2,71**	7	8,88	9	7,69**	12	171,99	6	35,05*
13. (447×516)	11	2,68**	10	8,56	13	7,42**	8	145,35	4	35,04*
14. (447×559)	10	2,66**	6	8,56	12	6,07**	1	142,66	1	34,16*
15. (516×559)	12	2,40**	4	8,02	5	5,54**	6	119,73	7	30,66*
Testemunhas										
Tetsukabuto	16	2,33	16	8,61	16	5,44	16	25,40	16	12,57
Tronco Verde	17	4,87	17	8,09	17	13,11	17	91,04	17	36,12

\*, \*\* e \*\*\*: \* significativamente diferente da testemunha Tetsukabuto; \*\* significativamente diferente da testemunha Tronco Verde e; \*\*\* significativamente diferente de ambas as testemunhas, pelo teste Dunnett a 5% de probabilidade. Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); Produtividade de sementes por planta (PRODSP); e Teor total de óleo (TO%). G: genótipos (híbridos e testemunhas).

Em uma análise geral do teste foi possível observar superioridade das combinações híbridas oriundas dos parentais 117 e 301 para todas as características de precocidade, entrenós, produtividade, dimensões das sementes e teor de óleo. Isso sugere potencial desses genitores para programas de melhoramento com estas finalidades e está de acordo com o que foi observado na análise dialélica. Para teor de óleo, deve-se destacar que houve combinações de outros parentais que apresentaram elevadas médias, tais como 516×559 (39,75%), 447×516 (38,71%) e 369×447 (38,56%).

#### 4 CONCLUSÕES

As características relacionadas a precocidade e plantas compactas possuem efeitos predominantemente aditivos, enquanto as relacionadas ao espaço interno de frutos possuem efeitos não aditivos na sua determinação.

Os genitores 301, 516, 447 e 117, em conjunto, se destacam nas características de menor entrenó, precocidade de florescimento, redução da espessura de polpa e maior cavidade interna de frutos.

Indica-se realizar autofecundações para formação de linhagens com vista a lançamento de cultivares e desenvolvimento de híbridos F<sub>1</sub>'s em gerações avançadas.

As combinações 117×516, 301×369, 301×447, 369×516, 369×559, 447×516 e 447×559 podem ser utilizadas na obtenção de segregantes com menor espessura de polpa e, conseqüentemente, maior cavidade interna para comportar mais sementes.

Existem combinações híbridas superiores em relação as testemunhas, com destaque para híbridos oriundos dos genitores 117 e 301 para precocidade, plantas compactas, produtividade e dimensões das sementes e teor de óleo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. F. **Herança de caracteres relacionados à produtividade e perfil de ácidos graxos do óleo de sementes de abóbora e seleção de plantas compactas e com maior produtividade de óleo funcional**. 2021. 66p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

ALMEIDA, C. F.; GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, R. L.; LAURINDO R. D. F.; CHAGAS, R. R.; SILVA, D. J. H. Genetic control of internode length in winter squash (*Cucurbita moschata*). **Genetics and Molecular Research**, v. 19, n. 3, p. 1-15, 2020.

ANASTÁCIO, T. O.; MOROTO, B. S.; SARDI, J. C. O.; OLIVEIRAM, C. F. R.; MACEDO, M. L. R. Extração das proteínas de sementes e polpa de *Cucurbita maxima*: uma análise experimental Extraction of proteins from *Cucurbita maxima* seeds and pulp: na experimental analysis. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 63252-63264, 2021.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 74, n.1 p. 430-445, 1959.

AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; OLIVEIRA, C. M.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; DORNAS, M. F. S.; CASTRO, B. M. C. Seleção de genótipos de alface para cultivo protegido: divergência genética e importância de caracteres. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 260-265, 2013.

BATOOL, M.; RANJHA, M. M. A. N.; ROOBAB, U.; MANZOOR, M. F.; FAROOQ, U.; NADEEM, H. R.; NADEEM, M.; KANWAL, R.; ABDELGAWAD, H.; AL JAOUNI, S. K.; SELIM, S.; IBRAHIM, S. A. Nutritional value, phytochemical potential, and therapeutic benefits of pumpkin (*Cucurbita* sp.). **Plants**, v. 11, n. 11, p. 1394, 2022.

BLANK, A. F.; SILVA, T. B.; MATOS, M. L.; CARVALHO FILHO, J. L.; SILVA-MANN, R. Parâmetros genotípicos, fenotípicos e ambientais para caracteres morfológicos e agrônômicos em abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 106-111, 2013.

CABRERA, F. A. V.; MOSQUERA, E. Transferencia del gen Bu a poblaciones de zapallo *Cucurbita* sp. con crecimiento postrado. **Acta Agronómica**, v. 48, n. 3-4, p. 7-11, 1998.

CARDOSO, A. I. I. Seleção recorrente para produtividade e qualidade de frutos em abobrinha braquítica. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n.5, p. 143-148, 2007.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. vol. 1. 4<sup>a</sup> ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514p.

FAN, X. M.; ZHANG, Y. D.; YAO, W. H.; BI, Y. Q.; LIU, L.; CHEN, H. M.; KANG, M. S. Reciprocal diallel crosses impact combining ability, variance estimation, and heterotic group classification. **Crop Science**, v. 54, n. 1, p. 89-97, 2014.

FERREIRA, M. G.; ALMEIDA, G. Q.; PESSOA, H. P.; DARIVA, F. D.; DIAS, F. O.; NICK, C. Selection of squash “Menina Brasileira” carrying the allele “Bush” with high yield potential. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 35-39, 2019.

GOMES, R. S., MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; OLIVEIRA, R. L.; CHAGAS, R. R.; PEREIRA, E. D.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Identification of high seed oil yield and high oleic acid content in Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2280-2290, 2022.

GOMES, R. S.; ALMEIDA, C. F.; CHAGAS, R. R.; MACHADO JÚNIOR, R.; FARA, J. S.; SILVA, D. J. H. Winter squash (*Cucurbita moschata* D.) displays promising nutritional aspects in fruits, seeds and in the seed oil. **Journal of Plant Biochemistry & Physiology**, v. 8, p. 248, 2020b.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; CHAGAS, R. R.; OLIVEIRA, R. L.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.) displays vast genetic variability, allowing identification of promising genotypes for agro-morphological traits. **PloS one**, v. 15, n. 6, p. e0230546, 2020a.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; OLIVEIRA, R. L.; NASCIMENTO, M.; NARDINO, M.; NASCIMENTO, W. F. SILVA, D. J. H. Artificial neural networks optimize the establishment of a Brazilian germplasm core collection of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 5930, 2024.

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

HU, T.; ZHOU, L.; KONG, F.; WANG, S.; HONG, K.; LEI, F.; HE, D. Effects of Extraction Strategies on Yield, Physicochemical and Antioxidant Properties of Pumpkin Seed Oil. **Foods**, v. 12, n. 18, p. 3351, 2023.

HUSSIEN, A. H.; HAMED, A. A. Diallel analysis for studying heterosis and combining ability of some economical yield traits in pumpkin. **Journal of Plant Production**, v. 6, n. 3, p. 261-270, 2015.

LALLA, J. G.; LAURA, V. A.; SEABRA JÚNIOR, S.; CARDOSO, A. I. I. Capacidade combinatória e heterose de linhagens de pepino do grupo japonês para caracteres de produção. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 337-343, 2010.

LAURINDO, R. D. F.; LAURINDO, B. S.; DELAZARI, F. T.; CARNEIRO, P. C. S.; SILVA, D. J. H. Potencial de híbridos e populações segregantes de abóbora para teor de óleo nas sementes e plantas com crescimento do tipo moita. **Ceres**, v. 64, p. 582-591, 2017.

MOURTZINIS, S.; GASPAR, A. P.; NAEVE, S. L.; CONLEY, S. P. Planting date, maturity, and temperature effects on soybean seed yield and composition. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 5, p. 2040-2049, 2017.

NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e Morangas do plantio à colheita**. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2017. 203p.

NICK, C.; BORÉM, A. **Melhoramento de hortaliças**. 1ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2016. 464p.

OLIVEIRA, R. L.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; BABA, V. Y.; SUDRÉ, C. P.; SANTOS, M. H.; ARANHA, F. M. Divergência genética entre variedades crioulas de abóbora. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 547-556, 2016.

PARIS, H. S.; EDELSTEIN, M. Same Gene for Bush Growth Habit in *Cucurbita pepo* spp. *pepo* as in *C. pepo* ssp *ovifera*. **REPORT-CUCURBIT GENETICS COOPERATIVE**, v. 24, p. 80-81, 2001.

PATEL, S. Pumpkin (*Cucurbita* sp.) seeds as nutraceutic: a review on status quo and scopes. **Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 6, n. 3, p. 183-189, 2013.

PEREIRA, A. M.; SILVA, G. D.; ALMEIDA, R. R.; SILVA, A. B.; QUEIROGA, R. C. F. Frutificação de abóbora Tetsukabuto sobre aplicação de doses de 2, 4-D na época seca em Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 7, n. 4, p. 11, 2012.

POLYZOS, N.; FERNANDES, Â.; CALHELHA, R. C.; PETROVIĆ, J.; SOKOVIĆ, M.; FERREIRA, I. C. F. R.; BARROS, L.; PETROPOULOS, S. A. Biochemical composition of pumpkin seeds and seed by-products. **Plants**, v. 13, n. 17, p. 2395, 2024.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 01 set. 2024.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. 1ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. 572p.

RANA, M. S.; RASU, M. G.; ISLAM, A. K. M. A.; HOSSAIN, M. M. Diallel analysis of quality and yield contributing traits of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.). **The Agriculturists**, v. 14, n. 1, p. 15-32, 2016.

REDIG, M. S. F. **Estimativas de parâmetros genéticos em clones de priprioca (*Cyperus ssp.*)**. 2007. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

RESENDE, G. M.; BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura brasileira**, v. 31, p. 504-508, 2013.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SILVA, C. A.; COSTA, P. R.; DETONI, J. L.; ALEXANDRE, R. S.; CRUZ, C. D.; SCHMILDT, O.; SCHMILDT, E. R. Divergência genética entre acessos de cajazinho (*Spondias mombin* L.) no norte do Espírito Santo. **Ceres**, v. 61, n. 3, p. 362-369, 2014.

SILVA, G. C. R.; SOUZA, G. J. R. Caracterização química e perfil de ácidos graxos do óleo da semente de abóbora cabotia (*Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata*) em função do tipo de extração. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 11, n. 1, p. 82-94, 2020.

SOBREIRA, F. M. **Divergência genética entre acessos de abóbora para estabelecimento de coleção nuclear e pré-melhoramento para óleo funcional**. 2013. 87p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; MALLMANN, F. F.; DEMARTINI, W. F. B.; TANAKA, A. A.; SOUZA, M. E. Estimates of leaf area of *Curcubita moschata* Duch. based on linear measures and degree-days in planting of winter in the central-western region of Brazil. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 5, n. 6, p. 562-572, 2015.

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

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Chemical characterization of the lipid fractions of pumpkin seeds. **Nutrition & Food Science**, v. 45, n. 1, p. 164-173, 2015.

WU, T.; CAO, J. Differential gene expression of tropical pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne) bush mutant during internode development. **Scientia horticulturae**, v. 117, n. 3, p. 219-224, 2008.

ZHANG, G.; REN, Y.; SUN, H.; GUO, S.; ZHANG, F.; ZHANG, J.; ZHANG, H.; JIA, Z.; FEI, Z.; XU, Y.; LI, H. A high-density genetic map for anchoring genome sequences and identifying QTLs associated with dwarf vine in pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.). **BMC genomics**, v. 16, p. 1-13, 2015.

ZHANG, Q. I.; YU, E.; MEDINA, A. Development of advanced interspecific-bridge lines among *Cucurbita pepo*, *C. maxima*, and *C. moschata*. **HortScience**, v. 47, n. 4, p. 452-458, 2012.

## CAPÍTULO II

### EFEITO RECÍPROCO DE CARACTERES RELACIONADOS À PRODUTIVIDADE DE ÓLEO DE SEMENTES EM ABÓBORAS

#### RESUMO

O óleo de sementes de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.) apresenta alta qualidade nutricional e potencial econômico. Entretanto, os programas de melhoramento genético não priorizam características relacionadas à produção de óleo, e não existe pesquisas sobre efeitos recíprocos para esses caracteres. Este estudo avaliou a variabilidade genética, as capacidades de combinação, os efeitos recíprocos e a ação gênica em caracteres relacionados a plantas compactas, precoces e com boa produtividade de sementes e óleo em híbridos de *C. moschata*, com o objetivo de definir estratégias de melhoramento a serem utilizadas na obtenção de novas cultivares. Cinco genitores foram cruzados em esquema dialelo completo, utilizando-se o Método III de Griffing, complementado pelo desdobramento proposto por Cockerham e Weir. Foram avaliados treze caracteres morfoagronômicos. As análises estatísticas incluíram ANAVA, teste de Tukey, estimativas de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), e efeitos recíprocos, utilizando o software GENES. A ANAVA revelou variabilidade genética para a maioria dos caracteres. A CGC foi predominante para precocidade, indicando seleção eficaz de genitores. A CEC destacou a influência de efeitos não aditivos em características de frutos. Além disso, efeitos recíprocos foram significativos para massa do fruto, espessura da polpa e diâmetro da cavidade interna, sugerindo herança extranuclear ou efeito materno. Os genitores 301 e 516 mostraram potencial para redução do ciclo da cultura. As combinações 301×516 e 117×301 demonstraram desempenho superior para precocidade. Cruzamentos envolvendo pelo menos um dos genitores 117, 301 ou 516 também foram promissores para outras características-alvo. Os resultados indicam que estratégias de melhoramento devem integrar seleção recorrente com a extração de linhagens endogâmicas. Os cruzamentos e seus recíprocos devem ser considerados, pois há influência na expressão de características de interesse, que pode estar associada a interações entre efeitos extranucleares e nucleares.

**Palavras-chave:** Cruzamentos dialélicos. *Cucurbita moschata*. Efeito materno. Herança extranuclear. Melhoramento vegetal.

## CHAPTER II

### RECIPROCAL EFFECTS ON SEED OIL PRODUCTIVITY-RELATED TRAITS IN PUMPKINS

#### ABSTRACT

Pumpkin seed oil (*Cucurbita moschata* Duch.) has high nutritional quality and economic potential. However, breeding programs do not prioritize oil production-related traits, and there is no research on reciprocal effects for these characteristics. This study evaluated genetic variability, combining abilities, reciprocal effects, and gene action in traits related to compact plants, early maturity, and high seed and oil yield in *C. moschata* hybrids, aiming to define breeding strategies for developing new cultivars. Five parents were crossed in a complete diallel scheme using Griffing's Method III, supplemented by the decomposition proposed by Cockerham and Weir. Thirteen morpho-agronomic traits were assessed. Statistical analyses included ANOVA, Tukey's test, estimates of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA), and reciprocal effects, using the GENES software. ANOVA revealed genetic variability for most traits. GCA was predominant for earliness, indicating effective parent selection. SCA highlighted the influence of non-additive effects on fruit traits. Additionally, reciprocal effects were significant for fruit mass, pulp thickness, and internal cavity diameter, suggesting extranuclear inheritance or maternal effects. Parents 301 and 516 showed potential for reducing the crop cycle. The crosses 301×516 and 117×301 exhibited superior performance for earliness. Crosses involving at least one of the parents 117, 301, or 516 were also promising for other target traits. The results suggest that breeding strategies should integrate recurrent selection with the extraction of inbred lines. Both crosses and their reciprocals should be considered, as they influence the expression of key traits, possibly due to interactions between extranuclear and nuclear effects.

**Keywords:** Diallel crosses. *Cucurbita moschata*. Maternal effect. Extranuclear inheritance. Plant breeding.

## 1 INTRODUÇÃO

O óleo proveniente de sementes de abóbora destaca-se por sua qualidade nutricional e importância como adjuvante no tratamento da hiperplasia benigna da próstata e da alopecia androgenética (Hong; Kim; Maeng, 2009; Cho *et al.*, 2014), entre outros usos. Apesar do potencial de uso comercial, não há no mercado cultivares destinadas a esta finalidade, visto que os programas de melhoramento genético da espécie não contemplam caracteres de sementes e óleo para o desenvolvimento de novas cultivares, o que possibilitaria a obtenção de genótipos com novas aptidões, gerando renda extra ao produtor e a indústria.

Em 2013, iniciou-se na Universidade Federal de Viçosa (UFV) o Programa de Melhoramento de *Cucurbita moschata* para produção de óleo funcional, mediante o estabelecimento de uma coleção nuclear (Sobreira, 2013). Além do aumento do óleo de sementes, o programa foca em desenvolver plantas mais compactas, precoces e com alta produção de sementes por fruto (Almeida, 2021).

Para a condução eficiente de novos programas de melhoramento, é fundamental reunir informações abrangentes sobre o germoplasma a ser utilizado (Souza; Gama; Queiróz, 2004). Nesse contexto, a seleção de genitores representa uma das decisões mais importantes a serem tomadas pelos melhoristas (Borém; Miranda; Fritsche-Neto, 2021). Contudo, não é possível prever o potencial de futuros híbridos apenas com base na avaliação dos parentais; é necessária a avaliação e seleção das combinações híbridas (Cantelmo; Von Pinho; Balestre, 2017). Uma das metodologias biométricas amplamente empregadas e precisas para tal avaliação é o uso de cruzamentos dialélicos, que permite examinar a performance dos parentais e compreender os mecanismos que controlam os caracteres de interesse (Santa Catarina *et al.*, 2019).

Estudos de melhoramento de espécies de abóboras têm como foco analisar a capacidade de combinação, medidas em termos de capacidade geral (CGC) e específica (CEC), e a ação gênica, para compreender o modo de heranças dos principais caracteres de interesse e identificar as combinações híbridas com melhor complementação alélica, de modo que sejam recuperados genótipos superiores em populações segregantes (Darrud *et al.*, 2018). Embora a maioria dos caracteres das espécies seja controlada por genes nucleares, que segregam de acordo com o comportamento cromossômico na meiose, um pequeno grupo é herdado por genes ou produtos gênicos presentes no citoplasma do gameta (Ramalho *et al.*, 2021).

Neste contexto, embora as estimativas dos efeitos de CGC e CEC sejam importantes para a definição dos melhores genitores e combinações híbridas que irão compor um programa

de melhoramento, esta última, quando significativa não aponta qual a melhor direção do cruzamento, ou seja, qual genitor deve ser usado como parental feminino ou masculino (Bordallo *et al.*, 2005).

Para avaliar se um caráter é controlado por genes extranucleares (herança extracromossômica) ou apresenta efeito materno, utiliza-se os cruzamentos recíprocos, onde um genitor é utilizado como parental masculino em um momento, e feminino no outro. Assim, se a herança de um caráter é controlada por genes presentes no núcleo celular sem efeito materno, os resultados de um cruzamento e de seu recíproco serão equivalentes, no entanto, se o caráter é decorrente de efeitos citoplasmáticos ou materno, haverá diferenças nos resultados dos cruzamentos recíprocos e os descendentes de cada cruzamento apresentarão o mesmo fenótipo do genitor feminino (Ramalho *et al.*, 2021).

A presença de efeito recíproco para caracteres importantes já foi avaliada em grandes culturas como o milho (Gralak *et al.*, 2014; Santos *et al.*, 2017), feijão (Baldissera *et al.*, 2012; Cerutti *et al.*, 2020), trigo (Nazeer *et al.*, 2013; Yildirim *et al.*, 2022) e soja (Cruz *et al.*, 2011; Ibanda *et al.*, 2018), e em cucurbitáceas como o melão (Shajari *et al.*, 2021), melancia (Bahari *et al.*, 2012; Ndukauba; Nwofia; Ene-Obong, 2019), e abobrinha (El-Adl *et al.*, 2014), porém não há registro de estudos como estes para a maioria das caracteres de interesse em *Cucurbita moschata*.

Traçar estratégias de melhoramento depende do conhecimento da ação dos genes que influenciam um determinado caráter, pois isso leva a um melhor conhecimento das relações genéticas entre os genitores envolvidos em cruzamentos, que podem ser úteis na escolha adequada de métodos de melhoramento e de seleção que serão empregados, bem como na visualização do potencial genético de futuras linhagens (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012; Oghan *et al.*, 2018).

Diante da escassez de informações na literatura para a maioria dos caracteres e a ausência de estudos sobre efeito recíproco na espécie em estudo, este trabalho teve como objetivos: avaliar a variabilidade genética e estimar as capacidades de combinação, efeito recíproco e ação gênica para caracteres relacionados a plantas compactas, precoces e com boa produção de sementes e óleo, a fim de subsidiar o programa de melhoramento genético de *C. moschata* da UFV.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material genético e condução experimental**

Os experimentos foram conduzidos na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão (UEPE-Horta Velha), pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa (DAA/UFV), situada a 20°45'16" S de longitude e 42°50'21" W de latitude, a uma altitude de 660 metros acima do nível do mar.

Inicialmente, cinco genitores de abóbora (117, 301, 369, 447 e 516) foram cruzados em um esquema dialélico completo com 10 híbridos F<sub>1</sub> [(p-1)/2] e 10 híbridos recíprocos [p(p-1)/2], totalizando 20 tratamentos [p(p-1)]. Os genitores foram previamente selecionados por Almeida (2021) para plantas mais compactas, precoces e com maior produção de óleo funcional de sementes. As médias dos principais caracteres estão apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Descrição dos cinco genitores usados em cruzamento dialélico de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

Genitor	Caracteres <sup>(1)</sup>								
	NFP	MSF	NSF	DFM	DFF	CMEA	CMED	P100S	% Óleo
<b>117</b>	12	50,79	423,20	45	45	14,67	13,33	12,00	37,95
<b>301</b>	5	46,34	258,52	45	45	11,33	11,33	17,93	32,94
<b>369</b>	9	73,10	601,49	45	45	5,33	6,67	12,15	33,05
<b>447</b>	21	56,83	540,64	45	45	9,33	10,00	10,51	33,13
<b>516</b>	12	92,24	674,64	58	53	12,33	13,33	13,67	35,88

<sup>(1)</sup> NFP: Número de frutos por planta; MSF: Massa de sementes por fruto; NSF: Número de sementes por fruto. DFM: Dias para o florescimento masculino; DFF: Dias para o florescimento feminino; CMEA: Comprimento médio do entrenó antes da primeira flor feminina; CMED: Comprimento médio do entrenó após a primeira flor feminina; P100S: Peso de cem sementes; e % óleo: Percentual total de óleo.

Os cruzamentos para obtenção das sementes híbridas foram realizados por meio do método tradicional, onde as flores femininas e masculinas utilizadas na polinização manual foram identificadas no dia anterior à antese pelo aparecimento de um leve amarelamento no ápice do tubo da corola. As flores foram impedidas de abrir amarrando-se as pontas para a proteção das flores de polinização indesejada e, na manhã seguinte, as flores masculinas e todas as suas pétalas foram removidas e os estames contendo o pólen foram transferidos para as flores femininas, as quais foram fechadas novamente (Hazra *et al.*, 2007).

Após o amadurecimento do fruto, indicado pelo ressecamento do pedúnculo, as sementes foram extraídas de forma manual, secas e armazenadas para a utilização no ano subsequente, 2024. Para a produção de mudas, foram utilizadas bandejas de isopor de 72 células, preenchidas com substrato comercial Tropstrato<sup>®</sup>. As mudas foram transplantadas para o campo no estágio de primeira folha definitiva totalmente expandida, no ano de 2024. Antes do transplante, foi realizada uma análise de solo (Anexo A) e a adubação foi conduzida conforme as exigências da cultura, seguindo as recomendações descritas no documento “Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais” de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999).

A irrigação foi realizada por meio de sistema de gotejamento com utilização de mangueira cega tubo Pelbd de 16 mm. As mangueiras foram perfuradas e conectadas a botões gotejadores cilíndrico de 4 L/h. Ao longo do ciclo da cultura, a quantidade de água aplicada foi ajustada conforme as exigências fisiológicas das plantas, visando garantir seu desenvolvimento adequado. A colheita foi realizada quando os frutos atingiram a maturidade comercial, caracterizada pela redução do brilho e ressecamento do pedúnculo.

Os tratamentos incluíram os 10 híbridos F<sub>1</sub>, nove recíprocos e duas testemunhas: a cultivar Tronco Verde, portadora do gene para o nanismo, e o híbrido comercial Tetsukabuto, amplamente utilizado na região. O híbrido recíproco 516×369 não foi viável e retirado das análises. O experimento foi conduzido em delineamento blocos completos casualizados, com duas repetições. Cada unidade experimental (parcela) foi composta por quatro plantas, sendo avaliadas apenas as duas centrais. O espaçamento adotado foi de 3.5 × 3.5 metros entre plantas e fileiras.

## 2.2 Avaliações morfoagronômicas

Foram mensurados os seguintes caracteres:

- Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF) – foram contados o número de dias do transplântio das mudas até a abertura da primeira flor. Para a transformação em graus dias coletou-se os dados de uma estação meteorológica instalada no local do experimento. A temperatura basal inferior foi de 12 °C (Souza *et al.*, 2015) e utilizou-se o estimador proposto por Arnold (1959):

$$GD = \frac{(T_{max} + T_{min})}{2} - T_b$$

$$GDA = \sum_{i=1}^n GD_i$$

Em que:  $GD$  = Graus dias;  $T_{max}$  = Temperatura máxima do dia;  $T_{min}$  = Temperatura mínima do dia;  $T_b$  = Temperatura basal inferior e;  $GDA$  = Graus dias acumulados;

- Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED) – obtidos pela razão do comprimento, em cm, de três entrenós, localizados imediatamente antes e após a primeira estrutura floral feminina, pelo número de entrenós em cada intervalo;

- Número de frutos por planta (NFP) – contagem do número de frutos maduros em cada planta;

- Massa de frutos (MF) – obtida a partir de balança analítica, em quilogramas;

- Número total de sementes por fruto (NTSF) – contagem do número de sementes viáveis por fruto;
- Massa total de sementes por fruto (MTSF) e massa de cem sementes (M100S) – mensuradas por meio de balança analítica digital, em gramas, com precisão de duas casas decimais;
- Espessura média da polpa (EMP) – obtida pela mensuração dos quatro lados da polpa com auxílio de paquímetro digital e posterior transformação em centímetros;
- Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna do fruto (DLCI) – com auxílio de regra graduada, em cm; e
- Teor total de óleo (TO%) – realizado por meio de extrator Soxhlet, contendo o solvente n-hexano, pelos seguintes procedimentos: a) uma amostra das sementes de cada parcela foi separada, colocada em recipiente individual e seca por 48h em estufa com circulação e renovação de ar a uma temperatura de 65 °C, juntamente com a secagem dos cartuchos usados no extrator; b) após esse tempo, as amostras foram retiradas e maceradas com o auxílio de almofariz para o aumento da área de contato com o solvente; c) os cartuchos vazios foram pesados previamente (peso P0) e, a posteriori, cheios com a amostra macerada e colocados novamente em estufa ventilada por 24h a 65 °C; d) os cartuchos, dessa vez contendo a amostra, foram pesados em balança de precisão (peso P1) e introduzidos no Soxhlet, submersos em 200 mL de n-hexano, durante 3 horas a 80 °C e 2 horas a 110 °C; e) os cartuchos contendo amostras após a extração foram levados novamente para estufa por 2 a 3 horas a uma temperatura de 65 °C para a evaporação do hexano, seguindo-se de uma nova pesagem em balança de precisão (peso P2).

Por fim, o teor de óleo, em porcentagem, foi calculado por meio do seguinte estimador:

$$TO(\%) = \frac{P1 - P2}{P1 - P0} \times 100$$

Onde: TO (%) = teor de óleo em porcentagem; P0 = peso do cartucho vazio; P1 = peso do cartucho contendo amostra antes da extração do óleo e; P2 = peso do cartucho contendo amostras após a extração do óleo.

Os caracteres MF, NTSF, MTSF, M100S, EMP, DTCI e DLCI foram mensurados em três frutos por planta escolhidos aleatoriamente, enquanto os caracteres relacionados a dimensões das sementes (CMS, LMS e EMS) foram obtidos de três sementes por fruto.

### 2.3 Análises estatísticas

Os dados de cada caráter foram previamente submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para verificar, respectivamente, a normalidade e a homocedasticidade das variâncias. Em seguida, foi realizada uma análise de variância (ANAVA) preliminar, considerando o delineamento experimental adotado. A ANAVA com as estimativas dos quadrados médios seguiu os métodos descritos por Steel, Torrie e Dickey (1980). As médias dos caracteres que apresentaram diferenças significativas pelo teste F foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5%. Determinou-se, ainda, os valores do coeficiente de determinação genotípico ( $R^2$ ), calculado pela expressão indicada por Cargnelutti Filho, Storck e Ribeiro (2009), onde:

$$R^2 = \frac{QMg}{(QMg + QMe)}$$

As análises dialélicas basearam-se nas médias das  $p(p-1)$  combinações dos genótipos derivadas dos cruzamentos, seguindo o Método III de Griffing (1956) para dialelos com  $F_1$  e recíprocos, assumindo efeito fixo dos tratamentos. A escolha do modelo fixo justifica-se pela seleção intencional dos genitores, que não representam uma amostra aleatória de uma população. Nesta análise, a soma de quadrado de genótipos é desdobrada na soma de quadrados para a capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e efeito recíproco (ER). Além disso, a soma de quadrados para efeito recíproco foi desdobrada em efeito recíproco geral e efeito recíproco específico, conforme proposto por Cockerham e Weir (1977).

Todas as análises foram processadas no software genético-estatístico GENES (Cruz, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Variabilidade genética e desempenho médio dos genótipos

A análise de variância preliminar detectou diferenças significativas, pelo teste F, em oito dos treze caracteres avaliados, o que evidencia variabilidade genética entre os tratamentos para a maioria das características de interesse (Tabela 2). Esses resultados são fundamentais para o melhoramento genético dos genótipos de *C. moschata* utilizados, uma vez que, em etapas futuras de um programa de melhoramento, a diversidade genética é um pré-requisito para a identificação de ideótipos e possibilita uma seleção mais eficiente para o desenvolvimento de genótipos superiores (Correa *et al.*, 2003; Mayor-Duran; Raatz; Blair, 2016; Darrudi *et al.*, 2018; Santa Catarina *et al.*, 2019).

A importância dos resultados deve-se ao fato de que o sucesso da seleção é proporcional ao grau de diversidade genética entre os genótipos (Ramalho; Santos; Zimmermann, 1993). Kouago *et al.* (2024) evidenciaram a existência de uma grande diversidade genética para caracteres de crescimento vegetativo, frutos e sementes no germoplasma de *C. moschata* de várias regiões da Costa do Marfim, África Ocidental. Seka, Kouago e Bonny (2023) também atestaram que a diversidade genética dessa espécie é bastante considerável em termos de ciclo, formatos e tamanho de frutos e sementes.

O coeficiente de variação ambiental (CVe%) variou de 5,01 para GDAM a 36,15 para CMEA (Tabela 2). Estimativas baixas de CVe indicam que o caráter é menos influenciado por variações ambientais e apresenta boa precisão nos dados experimentais coletados (Cerutti *et al.*, 2020). Os caracteres com os menores coeficientes de variação ambiental foram, em ordem crescente, GDAM, TO%, GDAF, DTCl e EMP. Em contrapartida, além de CMEA, o CVe foi considerado alto, acima de 30%, para CMED e NTSF (Tabela 2). É comum, entretanto, especialmente para caracteres relacionados com produtividade de sementes CVe elevados, como relatado por alguns autores, o que indica que seja algo intrínseco ao caráter e não a precisão experimental (Ferreira *et al.*, 2019; Gomes *et al.*, 2022).

O coeficiente de determinação genotípico foi alto, acima de 0,60, para a maioria dos caracteres (Tabela 2). Valores elevados para este parâmetro indicam a adequação do modelo matemático para explicar as causas de variação e demonstram que a maior parte do desempenho médio detectado para as variáveis dependentes foi explicada por fatores controlados no experimento (Cerutti *et al.*, 2020).

As médias de CMEA (6,29) e CMED (8,84) obtidas nesta pesquisa foram inferiores às reportadas por Almeida *et al.* (2020) para os indivíduos F<sub>1</sub> oriundos de cruzamentos envolvendo os mesmos materiais que deram origem aos progenitores utilizados neste estudo. Por outro lado, as estimativas de GDAM (504,61) e TO% (35,39) mostraram-se bastante promissoras se comparadas aos valores encontrados por Gomes *et al.* (2020), ao avaliarem 91 acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV), os quais apresentaram valores de 606,64 e 18,52 para esses caracteres, respectivamente. Esses resultados indicam que as combinações híbridas avaliadas têm grande potencial para reduzir o comprimento do entrenó das ramas, o que pode resultar, em gerações segregantes, em plantas mais compactas, precoces e com elevado teor de óleo nas sementes, foco principal do programa. A relação entre menores dias para florescimento e menor comprimento de rama já foi observada por Gomes *et al.* (2020).

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para 13 caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.), com as respectivas médias gerais ( $\bar{X}$ ), coeficientes de variação experimental (CVe) e coeficiente de determinação genotípico  $R^2$ . Viçosa, MG.

Caracteres <sup>(1)</sup>	Quadrados Médios			$\bar{X}$	CVe (%)	$R^2$
	Bloco (GL:1)	Tratamento (GL:21)	Resíduo (GL: 21)			
<b>GDAF</b>	3818,36	8527,07*	3036,15	484,34	11,38	0,74
<b>GDAM</b>	641,95	4197,54**	638,20	504,61	5,01	0,87
<b>CMEA</b>	21,25	9,93 <sup>ns</sup>	5,17	6,29	36,15	0,66
<b>CMED</b>	16,61	23,55**	7,60	8,84	31,18	0,76
<b>NFP</b>	0,82	4,92 <sup>ns</sup>	2,83	5,68	29,61	0,63
<b>MF</b>	0,00	0,49**	0,15	1,63	23,99	0,76
<b>NTSF</b>	5364,34	7892,56 <sup>ns</sup>	7861,87	288,38	30,75	0,50
<b>MTSF</b>	2,05	243,59*	111,57	35,74	29,55	0,69
<b>M100S</b>	0,27	17,31 <sup>ns</sup>	10,82	13,62	24,15	0,62
<b>EMP</b>	0,01	0,74**	0,17	3,10	13,20	0,82
<b>DTCI</b>	0,39	1,98 <sup>ns</sup>	1,26	9,26	12,14	0,61
<b>DLCI</b>	3,11	11,95**	2,90	9,95	17,13	0,80
<b>TO (%)</b>	22,40	62,86**	10,06	35,39	8,96	0,86

<sup>ns</sup>, \*\* e \* : não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>(1)</sup> Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes (M100S); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); e Teor total de óleo (TO%).

A comparação das médias dos 19 genótipos (híbridos e recíprocos) e das duas testemunhas está ilustrada na Tabela 3. O caráter de precocidade GDAM variou de 374,01 graus dias acumulados para a testemunha Tronco Verde a 577,54 para o híbrido 447×301 (16). Quatro combinações não diferiram estatisticamente da cultivar Tronco Verde: 301×516 (7), 516×301 (17) – curiosamente, o  $F_1$  e seu recíproco –, 301×369 (5) e 117×301 (1). Observa-se que o genótipo 301 participou de todas as combinações, indicando seu potencial para o desenvolvimento de plantas mais precoces.

Para os caracteres CMEA e CMED, associados à arquitetura compacta das plantas, apenas a testemunha Tetsukabuto diferiu significativamente da Tronco Verde, esta última conhecida por apresentar entrenós curtos devido à presença do gene *Bush* em homozigose (Almeida *et al.*, 2020). Destacaram-se as combinações 117×301 (1), 301×516 (7), 301×447 (6), 447×369 (18), 117×516 (4) e 301×117 (11) (Tabela 3). A seleção de germoplasma compacto é prioritária em *C. moschata*, pois permite maior adensamento populacional e aumento do número de plantas por área (Nick; Borém, 2016). Essa característica pode resultar em maior produção de frutos e sementes e, conseqüentemente, em maior exploração do óleo, sendo crítica para o programa de melhoramento de *C. moschata* iniciado na UFV.

Quanto à massa do fruto, programas de melhoramento de culturas como abóbora e melancia têm selecionado variedades com frutos menores. Essa característica facilita o transporte, permite o consumo imediato sem necessidade de armazenamento e, quando

armazenados, ocupam menos espaço refrigerado. Tais variedades são ideais para famílias menores, cada vez mais comuns em centros urbanos (Souza *et al.*, 2004). A cultivar comercial Tetsukabuto apresentou massa média de 0,93 kg, e a maioria das combinações híbridas não diferiu estatisticamente dela, com destaque para o híbrido 301×117 (11) (Tabela 3). Contudo, todos os híbridos estão abaixo da média exigida pelo mercado nacional brasileiro, que é de até 3 kg (Resende *et al.*, 2013).

Para os caracteres de produção de sementes (MTSF e M100S), as combinações 117×516 (4), 516×301 (17), 117×301 (1) e 117×447 (3) superaram a Tetsukabuto, mas não diferiram significativamente da Tronco Verde. Essas características podem estar correlacionadas com maior teor de óleo, sendo críticas para seleção (Gomes *et al.*, 2022).

A redução da espessura da polpa (EMP) e o aumento do diâmetro da cavidade interna (DLCI) são prioritários em programas focados na produção de sementes e óleo, ao contrário de programas que visam rendimento de polpa. O híbrido 301×117 (11) e a Tetsukabuto apresentaram as menores médias de EMP (2,26 e 2,33, respectivamente), diferindo da Tronco Verde. Para DLCI, destacaram-se as combinações 117×516 (4), 516×301 (17), 301×369 (5) e 301×447 (6), superiores a cultivar comercial (Tabela 3).

O teor de óleo nas sementes variou de 12,57% (Tetsukabuto) a 40,81% (híbrido 516×447 (19), variação semelhante à reportada por Almeida (2021) em cruzamentos do acesso BGH 7319 com a Tronco Verde. Todas as combinações, incluindo a Tronco Verde, diferiram estatisticamente da Tetsukabuto (Tabela 3).

Os resultados revelam que todas as combinações promissoras envolvem pelo menos um dos genitores 117, 301 ou 516, evidenciando o potencial desses genótipos e de seus cruzamentos para o melhoramento de características-alvo.

**Tabela 3.** Médias dos híbridos (F<sub>1</sub>'s, F<sub>1</sub>'s recíprocos) e testemunhas para caracteres morfoagronômicos de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

Híbridos/Testemunhas	Caracteres <sup>(1)</sup>																			
	G	GDAM <sup>(1)</sup>	G	CMEA	G	CMED	G	MF	G	MTSF	G	M100S	G	EMP	G	DLCI	G	TO		
1. (117×301)	16	577,54 <sup>a</sup>	20	13,83 <sup>a</sup>	20	20,84 <sup>a</sup>	12	2,99 <sup>a</sup>	4	61,09 <sup>a</sup>	1	18,72 <sup>a</sup>	21	4,87 <sup>a</sup>	4	14,12 <sup>a</sup>	19	40,81 <sup>a</sup>		
2. (117×369)	2	541,57 <sup>ab</sup>	9	8,34 <sup>ab</sup>	19	13,17 <sup>ab</sup>	17	2,71 <sup>ab</sup>	17	51,78 <sup>a</sup>	3	18,40 <sup>a</sup>	12	4,22 <sup>ab</sup>	17	13,58 <sup>ab</sup>	12	39,98 <sup>a</sup>		
3. (117×447)	10	541,45 <sup>ab</sup>	19	8,21 <sup>ab</sup>	9	12,17 <sup>ab</sup>	5	1,98 <sup>abc</sup>	12	48,26 <sup>ab</sup>	17	17,33 <sup>ab</sup>	17	3,66 <sup>abc</sup>	5	13,14 <sup>ab</sup>	14	38,92 <sup>a</sup>		
4. (117×516)	13	539,32 <sup>ab</sup>	2	8,00 <sup>ab</sup>	13	9,83 <sup>ab</sup>	1	1,96 <sup>abc</sup>	10	45,41 <sup>ab</sup>	5	15,63 <sup>ab</sup>	3	3,66 <sup>abc</sup>	21	13,11 <sup>ab</sup>	16	38,83 <sup>a</sup>		
5. 301×369	15	537,08 <sup>ab</sup>	17	7,50 <sup>ab</sup>	10	9,50 <sup>b</sup>	3	1,90 <sup>abc</sup>	16	44,07 <sup>ab</sup>	4	15,54 <sup>ab</sup>	1	3,47 <sup>abc</sup>	6	12,79 <sup>ab</sup>	10	38,71 <sup>a</sup>		
6. 301×447	8	534,50 <sup>abc</sup>	5	6,63 <sup>ab</sup>	17	9,46 <sup>b</sup>	2	1,88 <sup>abc</sup>	15	42,12 <sup>ab</sup>	15	15,38 <sup>ab</sup>	7	3,34 <sup>abc</sup>	12	12,18 <sup>abc</sup>	8	38,56 <sup>a</sup>		
7. 301×516	12	532,60 <sup>abc</sup>	12	6,58 <sup>ab</sup>	12	9,42 <sup>b</sup>	4	1,88 <sup>abc</sup>	19	39,26 <sup>ab</sup>	12	14,71 <sup>ab</sup>	19	3,31 <sup>abc</sup>	1	11,70 <sup>abc</sup>	2	38,40 <sup>a</sup>		
8. 369×447	19	532,26 <sup>abc</sup>	3	6,38 <sup>ab</sup>	16	8,67 <sup>b</sup>	19	1,73 <sup>abc</sup>	3	39,08 <sup>ab</sup>	16	14,58 <sup>ab</sup>	2	3,16 <sup>bc</sup>	18	10,49 <sup>abc</sup>	11	37,30 <sup>a</sup>		
9. 369×516	4	530,02 <sup>abc</sup>	13	6,34 <sup>ab</sup>	2	8,34 <sup>b</sup>	21	1,63 <sup>abc</sup>	8	37,09 <sup>ab</sup>	6	14,56 <sup>ab</sup>	5	3,12 <sup>bc</sup>	8	10,20 <sup>abc</sup>	3	36,30 <sup>a</sup>		
10. 447×516	14	529,92 <sup>abc</sup>	16	6,13 <sup>ab</sup>	3	8,27 <sup>b</sup>	14	1,62 <sup>abc</sup>	5	35,50 <sup>ab</sup>	11	13,69 <sup>ab</sup>	4	3,11 <sup>bc</sup>	19	10,13 <sup>abc</sup>	7	36,20 <sup>a</sup>		
11. 301×117	3	529,68 <sup>abc</sup>	10	6,09 <sup>ab</sup>	5	8,09 <sup>b</sup>	13	1,58 <sup>abc</sup>	13	35,09 <sup>ab</sup>	21	13,44 <sup>ab</sup>	14	2,92 <sup>bc</sup>	16	9,88 <sup>abc</sup>	21	36,12 <sup>a</sup>		
12. 369×117	9	511,53 <sup>abc</sup>	15	5,33 <sup>ab</sup>	8	7,58 <sup>b</sup>	7	1,53 <sup>abc</sup>	11	32,99 <sup>ab</sup>	10	13,24 <sup>ab</sup>	10	2,88 <sup>bc</sup>	3	9,49 <sup>abc</sup>	9	35,64 <sup>a</sup>		
13. 447×117	18	511,19 <sup>abc</sup>	8	5,08 <sup>ab</sup>	15	7,00 <sup>b</sup>	6	1,51 <sup>abc</sup>	6	32,74 <sup>ab</sup>	19	13,24 <sup>ab</sup>	13	2,85 <sup>bc</sup>	2	9,05 <sup>abc</sup>	15	35,54 <sup>a</sup>		
14. 516×117	21	483,91 <sup>abc</sup>	14	5,00 <sup>ab</sup>	11	6,67 <sup>b</sup>	10	1,38 <sup>bc</sup>	14	32,21 <sup>ab</sup>	9	12,93 <sup>ab</sup>	15	2,84 <sup>bc</sup>	9	8,85 <sup>abc</sup>	18	35,47 <sup>a</sup>		
15. 369×301	11	480,66 <sup>abc</sup>	4	4,84 <sup>ab</sup>	14	6,59 <sup>b</sup>	16	1,37 <sup>bc</sup>	9	31,65 <sup>ab</sup>	8	12,57 <sup>ab</sup>	16	2,72 <sup>bc</sup>	7	8,78 <sup>abc</sup>	13	35,39 <sup>a</sup>		
16. 447×301	6	477,81 <sup>abc</sup>	11	4,75 <sup>ab</sup>	4	6,42 <sup>b</sup>	9	1,36 <sup>bc</sup>	21	30,35 <sup>ab</sup>	7	12,48 <sup>ab</sup>	6	2,71 <sup>bc</sup>	14	8,35 <sup>abc</sup>	5	35,05 <sup>a</sup>		
17. 516×301	1	476,24 <sup>abcd</sup>	6	4,71 <sup>ab</sup>	7	6,42 <sup>b</sup>	15	1,29 <sup>bc</sup>	7	28,98 <sup>ab</sup>	13	12,40 <sup>ab</sup>	18	2,69 <sup>bc</sup>	15	7,51 <sup>abc</sup>	4	35,04 <sup>a</sup>		
18. 447×369	5	468,01 <sup>bcd</sup>	18	4,46 <sup>b</sup>	18	6,17 <sup>b</sup>	8	1,26 <sup>bc</sup>	2	28,36 <sup>ab</sup>	14	11,42 <sup>ab</sup>	9	2,68 <sup>bc</sup>	10	7,42 <sup>abc</sup>	1	34,16 <sup>a</sup>		
19. 516×447	17	446,63 <sup>bcd</sup>	1	4,13 <sup>b</sup>	6	6,08 <sup>b</sup>	18	1,21 <sup>bc</sup>	18	27,23 <sup>ab</sup>	2	11,12 <sup>ab</sup>	8	2,66 <sup>bc</sup>	11	6,94 <sup>bc</sup>	17	33,32 <sup>a</sup>		
20. Tetsukabuto	7	433,94 <sup>cd</sup>	21	3,92 <sup>b</sup>	21	6,04 <sup>b</sup>	11	0,93 <sup>c</sup>	1	25,99 <sup>ab</sup>	18	10,81 <sup>ab</sup>	20	2,33 <sup>c</sup>	13	6,94 <sup>bc</sup>	6	30,66 <sup>a</sup>		
21. Tronco Verde	20	374,01 <sup>d</sup>	7	3,83 <sup>b</sup>	1	5,67 <sup>b</sup>	20	0,93 <sup>c</sup>	20	5,53 <sup>b</sup>	20	4,61 <sup>b</sup>	11	2,26 <sup>c</sup>	20	5,44 <sup>c</sup>	20	12,57 <sup>b</sup>		

<sup>(1)</sup> Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAM) e comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes (M100S); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); e Teor total de óleo (TO%). Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. G: genótipos (híbridos, reciprocos e testemunhas).

### 3.2 Capacidades de combinação

A análise dialélica revelou efeitos significativos da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genótipos em relação a graus dias para florescimento masculino. No entanto, para graus dias para o florescimento feminino e diâmetro transversal da cavidade interna do fruto, os efeitos significativos foram observados apenas para CGC e CEC, respectivamente. Além disso, os efeitos recíprocos foram significativos para três caracteres relacionadas ao fruto: massa de frutos, espessura média da polpa e diâmetro longitudinal da cavidade interna (Tabela 4).

**Tabela 4.** Quadrados médios da capacidade geral (GCG), capacidade específica (CEC), efeito recíproco (ER), efeito recíproco geral (R. Geral) e efeito recíproco específico (R. Espec.) para 13 caracteres de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.)

Caracteres <sup>(1)</sup>	Quadrados médios				
	CGC (GL:4)	CEC (GL: 5)	ER (GL:10)	R. Geral (GL: 4)	R. Espec. (GL: 6)
<b>GDAF</b>	19474,70**	8011,54 <sup>ns</sup>	1910,79 <sup>ns</sup>	2891,86 <sup>ns</sup>	1256,75 <sup>ns</sup>
<b>GDAM</b>	5942,53**	2283,78*	1570,04 <sup>ns</sup>	2891,86 <sup>ns</sup>	1256,75 <sup>ns</sup>
<b>CMEA</b>	5,72 <sup>ns</sup>	6,72 <sup>ns</sup>	2,44 <sup>ns</sup>	2,61 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>
<b>CMED</b>	17,77 <sup>ns</sup>	14,88 <sup>ns</sup>	3,72 <sup>ns</sup>	3,87 <sup>ns</sup>	3,63 <sup>ns</sup>
<b>NFP</b>	7,83 <sup>ns</sup>	2,71 <sup>ns</sup>	3,98 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	5,50 <sup>ns</sup>
<b>MF</b>	0,33 <sup>ns</sup>	0,69**	0,45*	0,24 <sup>ns</sup>	3,58**
<b>NTSF</b>	7289,84 <sup>ns</sup>	2347,07 <sup>ns</sup>	6618,41 <sup>ns</sup>	8024,51 <sup>ns</sup>	5681,00 <sup>ns</sup>
<b>MTSF</b>	71,49 <sup>ns</sup>	139,28 <sup>ns</sup>	212,16 <sup>ns</sup>	132,99 <sup>ns</sup>	246,94 <sup>ns</sup>
<b>M100S</b>	14,14 <sup>ns</sup>	3,63 <sup>ns</sup>	11,78 <sup>ns</sup>	15,66 <sup>ns</sup>	9,20 <sup>ns</sup>
<b>EMP</b>	0,22 <sup>ns</sup>	0,70**	0,37*	0,27 <sup>ns</sup>	0,43**
<b>DTCI</b>	2,09 <sup>ns</sup>	3,55*	1,16 <sup>ns</sup>	2,12 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
<b>DLCI</b>	2,28 <sup>ns</sup>	7,61 <sup>ns</sup>	14,29**	8,64 <sup>ns</sup>	18,05**
<b>TO (%)</b>	12,46 <sup>ns</sup>	12,15 <sup>ns</sup>	11,74 <sup>ns</sup>	5,31 <sup>ns</sup>	16,04 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup>, \*\* e \*: não significativo e significativo a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. <sup>(1)</sup> Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes (M100S); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); e Teor total de óleo (TO%).

Nisha e Veeraragavathatham (2014) observaram efeito de capacidade geral e específica, além de efeitos recíprocos para dias até a primeira floração feminina, peso de frutos e espessura da polpa, indicando o envolvimento tanto da ação gênica aditiva quanto da não aditiva na herança desses caracteres, resultados dissonantes com os encontrados no presente trabalho. A influência de efeito recíproco para caracteres do fruto, como massa, diâmetro da cavidade e espessura de polpa, já foi relatada para culturas como melancia (Ferreira *et al.*, 2002), melão (Shajari *et al.*, 2021) e abobrinha (El-Adl *et al.*, 2014), o que indica uma tendência entre as cucurbitáceas.

A capacidade geral reflete efeitos aditivos, de modo que estimativas significativas indicam a participação de ação gênica aditiva no controle do caráter. Assim, a significância do efeito de CGC para os caracteres GDAF e GDAM indica que pelo menos um dos cinco genitores apresentou desempenho médio diferente dos demais em termos de alelos favoráveis para esses caracteres (Cerutti *et al.*, 2020).

Por outro lado, como os efeitos de CEC foram significativos em alguns caracteres, espera-se que, em pelo menos uma das combinações obtidas, ocorra a influência dos desvios de dominância ou qualquer outro tipo de ação gênica não aditiva na sua expressão, ou seja, deve haver um certo grau de complementação entre os progenitores avaliados (Memon *et al.*, 2015; Darrudi *et al.*, 2018). Além disso, a influência do efeito recíproco foi constatada pela análise, o que sugere que pode haver influência de efeito materno e ou herança extranuclear em alguns dos caracteres avaliados, e que deve ser levado em consideração em etapas posteriores do programa.

De modo geral, os resultados indicam que ambas as ações gênicas foram importantes no controle das características estudadas (Griffing, 1956). Sirohi, Reddy e Behera (2002) também relataram que ambos os componentes, genéticos aditivos e dominantes, foram determinantes para a produtividade e seus componentes na abóbora. Entretanto, observou-se um maior número de caracteres significativos em relação a CEC (Tabela 4), o que sugere a possibilidade de estratégias de melhoramento voltados a exploração da heterose para os caracteres que apresentaram significância, possibilitando, futuramente, o desenvolvimento e lançamento de novos híbridos comerciais (Jha *et al.*, 2009).

A predominância da variância genética aditiva para caracteres relacionadas à precocidade (GDAF e GDAM), somada às elevadas estimativas de  $R^2$ , indica que os pais podem ser selecionados com base no valor de CGC e nos valores *per se* e que existe a oportunidade de melhoria pela acumulação de alelos favoráveis via seleção (Darrudi *et al.*, 2018). Nesse contexto, Alard (1971) destaca a seleção recorrente e os retrocruzamentos como estratégias promissoras. Além disso, em casos em que os efeitos gênicos aditivos são predominantes, os melhoristas podem realizar a seleção em gerações precoces (Mukamuhirwa; Tusiime; Mukankusi, 2015).

Vale destacar que, para os caracteres nos quais não houve significância para CGC, CEC e ER, há indícios que o conjunto de genitores utilizados apresenta baixa variabilidade entre si, ou seja, compartilham os mesmos alelos com frequências semelhantes, além de notável ausência de complementariedade entre os genitores. Isso pode estar relacionado à seleção feita anteriormente por Almeida (2021). Além disso, o resultado de CEC não significativo pode

indicar ausência de efeitos não aditivos, sugerindo que o desvio de dominância é nulo para o caráter avaliado. Esse resultado também sugere que os genitores não possuem diversidade em *loci* que apresentam dominância, embora possam ter diversidade em *loci* com efeitos puramente aditivos (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012).

A significância do efeito recíproco para três caracteres relacionados ao fruto (MF, EMP, DLCI) indica a influência de fatores extranucleares e ou efeito materno na determinação desses caracteres. Resultados semelhantes foram reportados por Nisha e Veeraragavathatham (2014), que observaram efeitos recíprocos significativos para peso do fruto e espessura da polpa ao avaliarem a capacidade de combinação e a heterose em um cruzamento dialélico completo 5×5 de abóbora, corroborando os resultados deste estudo.

O efeito recíproco foi particionado em recíproco geral (R. geral) e específico (R. específico) de acordo com a metodologia de Cockehan e Wein (1977). O efeito recíproco geral avalia as diferenças entre o desempenho dos genitores quando utilizados como macho ou fêmea, enquanto o efeito recíproco específico captura as interações específicas entre os genitores em relação aos efeitos recíprocos. Foram constatadas diferenças significativas para MF, EMP e DLCI apenas para efeito recíproco específico (Tabela 4).

A não significância para R. geral indica que, em termos amplos, a direção do cruzamento (macho ou fêmea) não tem impacto consistente sobre toda a população. Em contrapartida, a significância para R. específico sugere que os cruzamentos recíprocos apresentam diferenças específicas importantes, demonstrando que a direção do cruzamento pode impactar os caracteres, dependendo da combinação híbrida. Esse fenômeno pode ser atribuído a efeitos maternos, citoplasmáticos ou interações genéticas específicas (Singh *et al.*, 2017).

O efeito recíproco específico pode ser entendido como resultado da interação entre os efeitos extranucleares e nucleares (Good God, 2004), o que indica a influência dessa interação em MF, EMP e DLCI. Dessa forma, a presença de efeitos recíprocos específicos para estes caracteres, indicam a predominância desse efeito em relação à complementação gênica associada à capacidade específica de combinação (Good God, 2004).

### **3.3 Efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) para os genitores**

Obter informações sobre os efeitos da capacidade de combinação geral ( $\hat{g}_i$ ) de um progenitor é essencial, pois permite compreender a direção dos efeitos gênicos na expressão de cada caráter (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012). Além disso, em muitos casos, a seleção de um bom combinador geral para todos os caracteres desejáveis é um desafio, visto que diferentes

características podem ser influenciadas por distintos mecanismos genéticos (Nisha; Veeraragavathatham, 2014).

No entanto, nesta pesquisa, os genitores 301 e 516 destacaram-se como os melhores para GDAF e GDAM (Tabela 5). Uma vez que esses caracteres estão associados à precocidade das plantas, valores negativos de  $\hat{g}_i$  são desejáveis, pois indicam menor tempo até o florescimento. Dessa forma, esses genitores apresentam as maiores contribuições para a redução dos graus-dia para florescimento entre os genótipos avaliados. A seleção de genótipos precoces é vantajosa, pois reduz o ciclo da cultura, diminuindo os custos com insumos e proporcionando um retorno mais rápido aos produtores. Além disso, é importante que a planta complete seu crescimento vegetativo cedo o suficiente para alocar uma maior proporção de matéria seca para o desenvolvimento dos frutos e das sementes (Kouago *et al.*, 2024).

**Tabela 5.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) para 13 caracteres em cinco progenitores de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.) e seus respectivos desvios-padrão (dp). Viçosa, MG.

Progenitores	Caracteres <sup>(1)</sup>						
	GDAF	GDAM	CMEA	CMED	NFP	MF	NTSF
117	15,39	10,44	-0,37	-0,98	-0,75	0,23	15,06
301	-66,68	-33,25	-0,88	-1,50	-0,70	-0,01	-34,47
369	30,57	8,44	0,75	0,64	1,21	-0,00	-15,58
447	28,53	24,39	-0,15	0,37	0,29	-0,24	8,54
516	-7,80	-10,02	0,65	1,47	-0,04	0,03	26,45
dp ( $\hat{g}_i$ )	14,85	6,78	0,58	0,75	0,45	0,10	23,70
Progenitores	Caracteres <sup>(1)</sup>						
	MTSF	M100S	EMP	DTCI	DLCI	TO	
117	0,48	0,56	0,21	0,31	-0,23	0,59	
301	-1,01	1,62	-0,04	-0,49	0,70	-1,82	
369	-3,06	-1,10	-0,05	-0,24	0,02	0,38	
447	-0,04	-0,48	-0,15	-0,12	-0,47	0,46	
516	3,64	-0,59	0,03	0,54	-0,01	0,38	
dp ( $\hat{g}_i$ )	2,86	0,88	0,09	0,30	0,45	0,81	

<sup>(1)</sup> Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes (M100S); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); e Teor total de óleo (TO%).

### 3.4 Efeitos de capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) e efeitos recíprocos ( $\hat{r}_{ji}$ )

Os efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) e dos efeitos recíprocos ( $\hat{r}_{ji}$ ) estimados para os treze caracteres avaliadas estão dispostos na Tabela 6. Para GDAM a melhor combinação com efeito negativo foi 301×516, híbrido oriundo dos dois parentais com alta CGC. Além disso, o híbrido 117×301 também se destacou, pois obteve efeito negativo e possui um pai com elevada CGC. Embora outras duas combinações (369×447 e 117×447) tenham obtidos valores altos e negativos, a seleção dos melhores híbridos com base na CEC devem priorizar

cruzamentos que envolvam, ao menos, um progenitor com maior concentração de alelos favoráveis, ou seja, com alta CGC (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2012).

As combinações em destaque para GDAM também apresentaram efeitos negativos para GDAF (Tabela 6) e podem ser exploradas também na diminuição dos graus dias para o florescimento feminino, pois quando estimada CEC não significativa, como no caso de GDAF, combinações promissoras podem ser sugeridas a partir da observação apenas dos resultados de CGC (Ramalho *et al.*, 2012). Ao selecionar 516×301 e 117×301 em populações segregantes, serão escolhidos genótipos com maior quantidade de alelos favoráveis de ação aditiva, além de alta complementariedade de alelos de ação não aditiva.

Para os caracteres MF, EMP e DLCI, as estimativas dos efeitos recíprocos ( $\hat{r}_{ji}$ ), apresentados na tabela 6, indicam a presença de efeitos nucleares maternos ou extranucleares nos cruzamentos recomendados. Isso ocorre porque os efeitos de CEC não especificam qual dos progenitores devem ser utilizados como parental feminino ou masculino.

O programa de melhoramento da UFV tem direcionado esforços para redução do tamanho do fruto, uma vez que frutos menores têm sido cada vez mais demandados pelo consumidor. Além disso, busca-se a redução da espessura média da polpa e aumento do diâmetro da cavidade interna, características que favorecem maior espaço para produção de sementes.

As combinações híbridas promissoras para redução da massa do fruto, observando apenas a CEC são, em ordem: 117×301, 369×447, 117×516 e 301×369. Para a diminuição da espessura da polpa, destacam-se os híbridos 117×301, 117×516, 301×447, 369×447 e 369×516. Já para o aumento da cavidade interna do fruto, as combinações 117×369, 301×516, 447×516 e 117×447 destacam-se. Entretanto, ao considerar os efeitos recíprocos, houve alteração no sinal dos efeitos em todos os cruzamentos para MF e DLCI e na maioria dos cruzamentos para EMP (Tabela 6). Estes resultados evidenciam, mais uma vez, que a herança desses caracteres pode diferir da herança tradicional de genes nucleares que segregam de acordo como comportamento dos cromossomos na meiose.

Como o efeito recíproco específico foi significativo para MF, EMP e DLCI, as médias dos cruzamentos recíprocos ( $y_{ij}$  vs  $y_{ji}$ ) foram analisadas por meio do teste t (Tabela 7). Devido a este efeito está atrelado a cada combinação de forma isolada, verifica-se que o genitor 117 quando cruzado com 301 é melhor aproveitado se utilizado como parental masculino para diminuição de MF e aumento da EMP. Porém, quando cruzado com o genitor 369, a vantagem está no seu uso como parental feminino para os mesmos caracteres e para aumentar DLCI. O

mesmo acontece com o genitor 301, quando cruzado com 516, que se destaca como parental feminino para diminuição da massa de frutos, mas como masculino para aumento do diâmetro da cavidade.

A influência de genes nucleares e extranucleares na herança das principais características de interesse, além de interação entre eles, pode dificultar a obtenção de genótipos superiores para todos os caracteres simultaneamente. Os resultados indicam que, devido ao predomínio de efeitos aditivos sobre os de dominância em nível intrapopulacional, somado aos altos valores de coeficiente de determinação genotípico, métodos como seleção recorrente – que enriquecem o pool gênico nuclear com alelos favoráveis – podem ser aplicados aos progenitores 301 e 516 para diminuir a precocidade.

Além disso, considerando a baixa depressão por endogamia da espécie, esses genótipos podem ser autofecundados sucessivamente para obtenção e possível lançamento de linhagens, desde que submetidos a testes apropriados. Entretanto, como esses progenitores não apresentaram variabilidade suficiente para o conjunto de caracteres de interesse, e dado o impacto de efeitos gênicos não aditivos em outras características, as combinações híbridas destacadas podem ser usadas para formar as populações-base. Isso pode ocorrer tanto por meio do inter cruzamento para exploração recorrente intra ou inter populacional, quanto pela extração de linhagens para a síntese de híbridos comerciais.

Os resultados também ressaltam a importância da escolha adequada de genótipos doadores de citoplasma nas etapas futuras do programa, visando a obtenção mais rápida e precisa de germoplasma superior para o lançamento de novas cultivares junto ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA).

**Tabela 6.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) e dos efeitos recíprocos ( $\hat{r}_{ji}$ ) em relação a 13 caracteres de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

Cruzamentos	Caracteres <sup>(1)</sup>													
	GDAF	GDAM	CMEA	CMED	NFP	MF	NTSF	GDAF	GDAM	CMEA	CMED	NFP	MF	NTSF
	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$
117×301	-21,98	16,71	-10,92	-2,21	-0,34	-0,31	0,27	-0,50	1,08	0,00	-0,44	0,52	-24,46	-8,46
117×369	23,53	11,66	6,04	4,48	0,88	0,71	0,83	-0,54	0,04	1,38	0,54	-0,56	18,10	-31,63
117×447	-51,61	-10,51	-12,50	-4,82	0,84	0,02	1,28	-0,78	-0,17	0,00	0,08	0,16	-13,04	-17,44
117×516	50,06	-31,04	17,38	0,05	-1,39	-0,08	-2,37	-0,09	-0,96	-0,88	-0,18	0,13	19,41	85,04
301×369	-15,88	-17,60	15,18	-34,54	0,07	0,65	0,02	0,54	-0,63	-2,50	-0,02	0,35	15,29	-23,71
301×447	46,64	-15,44	24,35	-49,87	0,41	-0,71	0,13	-1,29	-0,21	0,25	0,02	0,07	4,26	-57,38
301×516	-8,79	-43,17	-28,62	-6,35	-0,14	-1,84	-0,41	-1,52	-0,25	0,13	0,43	-0,59	4,92	-38,44
369×447	19,29	-5,07	-22,16	11,66	-1,87	0,31	-2,52	0,70	-0,13	0,75	-0,19	0,03	-0,14	8,79
369×516	-26,94	-	0,94	-	0,91	-	1,67	-	0,71	-	-0,34	-	-33,25	-
447×516	-14,32	29,17	10,31	4,59	0,61	-1,06	1,12	-1,83	0,50	0,63	0,09	-0,18	8,92	50,29

  

Cruzamentos	Caracteres <sup>(1)</sup>												
	MTSF	M100S	EMP	DTCI	DLCI	TO	MTSF	M100S	EMP	DTCI	DLCI	TO	
	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	$\hat{s}_{ij}$	$\hat{r}_{ji}$	
117×301	-7,50	-3,50	-0,05	2,51	-0,35	0,61	-0,29	0,04	-1,16	2,38	0,46	-1,57	
117×369	3,36	-9,95	-0,62	-1,79	0,49	-0,53	1,15	-0,33	0,81	-1,57	1,72	-0,79	
117×447	-0,88	1,99	1,24	3,00	0,15	0,41	0,28	-0,64	-1,10	1,28	-1,70	0,46	
117×516	5,01	14,44	-0,57	2,06	-0,28	0,10	-1,14	-1,04	1,46	2,89	-0,49	-1,94	
301×369	5,35	-3,31	0,90	0,13	0,03	0,14	-0,25	0,19	-0,41	2,82	0,23	-0,25	
301×447	1,93	-5,67	-0,65	-0,01	-0,14	-0,01	-0,28	0,41	1,09	1,46	-0,39	-4,09	
301×516	0,22	-11,40	-0,20	-2,43	0,47	-0,17	0,82	-0,42	0,48	-2,40	-0,31	1,44	
369×447	-2,27	4,93	-0,82	0,88	-0,17	-0,01	-0,61	0,18	0,78	-0,15	-0,33	1,55	
369×516	-6,45	-	0,54	-	-0,35	-	-0,29	-	-1,18	-	-1,62	-	
447×516	1,22	3,08	0,23	0,01	0,16	-0,22	0,61	-0,95	-0,76	-1,36	2,42	-1,05	

<sup>(1)</sup> Graus dias acumulados para o florescimento masculino (GDAM) e feminino (GDAF); Comprimento médio do entrenó antes (CMEA) e após a primeira flor feminina (CMED); Número de frutos por planta (NFP); Massa de frutos (MF); Número (NTSF) e Massa total de sementes por fruto (MTSF); Massa de 100 sementes (M100S); Espessura média da polpa (EMP); Diâmetro transversal (DTCI) e longitudinal da cavidade interna (DLCI); e Teor total de óleo (TO%).

**Tabela 7.** Comparação das médias de cruzamentos recíprocos ( $y_{ij}$  vs  $y_{ji}$ ) para caracteres de abóbora (*Cucurbita moschata* Dush.). Viçosa, MG.

Cruzamentos	Caracteres <sup>(1)</sup>								
	MF			EMP			DLCI		
	$\bar{X}$ F <sub>1</sub>	$\bar{X}$ Rec.	t calculado	$\bar{X}$ F <sub>1</sub>	$\bar{X}$ Rec.	t calculado	$\bar{X}$ F <sub>1</sub>	$\bar{X}$ Rec.	t calculado
117×301	2,0	0,9	2,5363*	3,47	2,26	3,5604*	11,70	6,94	2,7445*
117×369	1,9	3,0	-2,7333*	3,16	4,22	-3,119*	9,05	12,18	-1,8028 <sup>ns</sup>
117×447	1,9	1,6	0,788 <sup>ns</sup>	3,66	2,85	2,3981*	9,49	6,94	1,4687 <sup>ns</sup>
117×516	1,9	1,6	0,6402 <sup>ns</sup>	3,11	2,92	0,5591 <sup>ns</sup>	14,12	8,35	3,3234*
301×369	2,0	1,3	1,7114 <sup>ns</sup>	3,12	2,84	0,8239 <sup>ns</sup>	13,14	7,51	3,2427*
301×447	1,5	1,4	0,3447 <sup>ns</sup>	2,71	2,72	-0,0294 <sup>ns</sup>	12,79	9,88	1,6761 <sup>ns</sup>
301×516	1,5	2,7	-2,918*	3,34	3,68	-0,9857 <sup>ns</sup>	8,78	13,58	-2,7618*
369×447	1,3	1,2	0,1231 <sup>ns</sup>	2,66	2,69	-0,0736 <sup>ns</sup>	10,20	10,49	-0,1699 <sup>ns</sup>
369×516	1,4	-	-	2,68	-	-	8,85	-	-
447×516	1,4	1,7	-0,8742 <sup>ns</sup>	2,88	3,31	-1,28 <sup>ns</sup>	7,42	10,13	-1,5609 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> e \* : não significativo e significativo a 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t. <sup>(1)</sup> Massa de frutos (MF); Espessura Média da polpa (EMP); e Diâmetro longitudinal da cavidade interna (DLCI).

#### 4 CONCLUSÕES

Há variabilidade genética entre as combinações híbridas, e estas demonstraram potencial para melhorar características de interesse quando comparadas às testemunhas, especialmente aquelas envolvendo os genitores 117, 301 e 516.

Os caracteres de florescimento masculino (GFAM) e feminino (GDAF) são governados por genes com predominância de efeitos aditivos, enquanto características relacionadas aos frutos (massa, espessura da polpa e cavidade interna) são influenciadas por genes com efeitos não aditivos. Os genitores 301 e 516, bem como as combinações 301×516 e 117×301, destacaram-se na análise dialélica, apresentando menor acúmulo de graus-dia para florescimento em comparação aos demais genótipos.

Efeitos recíprocos específicos foram observados para massa do fruto (MF), espessura da polpa (EMP) e diâmetro da cavidade interna (DLCI), indicando interações entre efeitos extranucleares e nucleares. Assim, a direção dos cruzamentos, ou seja, a definição de qual genótipo deve ser utilizado como doador ou receptor de pólen, deve ser criteriosamente considerada em etapas futuras.

Populações-base com potencial para originar linhagens superiores para a maioria das características relevantes no melhoramento de *C. moschata* podem ser desenvolvidas por meio de intercruzamentos entre os genitores 117, 301 e 516, ou a partir de populações segregantes derivadas de combinações que incluam pelo menos um desses genitores. Dessa forma, métodos de melhoramento inter e intrapopulacionais poderão ser aplicados para obtenção de cultivares melhoradas ou extração de linhagens superiores visando à síntese de híbridos comerciais.

## REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381p.
- ALMEIDA, C. F. **Herança de caracteres relacionados à produtividade e perfil de ácidos graxos do óleo de sementes de abóbora e seleção de plantas compactas e com maior produtividade de óleo funcional**. 2021. 66p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.
- ALMEIDA, C. F.; GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, R. L.; LAURINDO R. D. F.; CHAGAS, R. R.; SILVA, D. J. H. Genetic control of internode length in winter squash (*Cucurbita moschata*). **Genetics and Molecular Research**, v. 19, n. 3, p. 1-15, 2020.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 74, n.1 p. 430-445, 1959.
- BAHARI, M.; RAFII, M. Y.; SALEH, G. B.; LATIF, M. A. Combining ability analysis in complete diallel cross of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai). **The Scientific World Journal**, v. 2012, n. 1, p. 543158, 2012.
- BALDISSERA, J. N. C.; VALENTINI, G.; COAN, M. M. D.; ALMEIDA, C. B.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Capacidade combinatória e efeito recíproco em características agronômicas do feijão. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 471-479, 2012.
- BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialélica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 123-127, 2005.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8ª ed. rev. Viçosa: Editora Oficina de textos, 2021. 384p.
- CANTELMO, N. F.; VON PINHO, R. G.; BALESTRE, M. Genome-wide prediction for maize single-cross hybrids using the GBLUP model and validation in different crop seasons. **Molecular breeding**, v. 37, p. 1-13, 2017.
- CARGNELUTTI FILHO, A.; STORCK, L.; RIBEIRO, N. D. Medidas da precisão experimental em ensaios com genótipos de feijão e de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1225-1231, 2009.
- CERUTTI, P. H.; GRIGOLO, S.; MELO, R. C.; FIOREZE, A. C. C. L.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Combining ability between common bean gene groups for root distribution trait. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, p. e011520, 2020.

- CHO, Y. H.; LEE, S. Y.; JEONG, D. W.; CHOI, E. J.; KIM, Y. J.; LEE, J. G.; YI, Y. H.; CHA, H. S. Effect of Pumpkin Seed Oil on hair growth in men with androgenetic alopecia: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2014, n. 1, p. 549721, 2014.
- COCKERHAN, A. C.; WEIR, B. S. Quadratic analysis of reciprocal crosses. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 187-203, 1977.
- CORREA, A. M.; GONÇALVES, M. C.; DESTRO, D.; SOUZA, L. C. F.; SOBRINHO, T. A. Estimates of genetic parameters in common bean genotypes. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 3, n. 3, 2003.
- CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. vol. 1. 4<sup>a</sup> ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514p.
- CRUZ, M. F. A.; SOUZA, G. A.; RODRIGUES, F. Á.; SEDIYAMA, C. S.; BARROS, E. G. D. Reação de genótipos de soja à infecção natural por ferrugem asiática. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 215-218, 2011.
- DARRUDI, R.; NAZERI, V.; SOLTANI, F.; SHOKRPOUR, M.; ERCOLANO, M. R. Evaluation of combining ability in *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata* Duchesne accessions for fruit and seed quantitative traits. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 9, p. 70-77, 2018.
- EL-ADL, A. M.; ABD EL-HADI, A. H.; FATHY, H. M.; ABDEIN, M. A. Heterosis, Heritability and Combining Abilities for some Earliness Traits in Squash (*Cucurbita pepo* L.). **Alexandria Science Exchange Journal**, v. 35, n. JULY-SEPTEMBER, p. 203-214, 2014.
- FERREIRA, M. A. J. F.; BRAZ, L. T.; QUEIROZ, M. A.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; VENCOVSKY, R. Capacidade de combinação em sete populações de melancia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 963-970, 2002.
- FERREIRA, M. G.; ALMEIDA, G. Q.; PESSOA, H. P.; DARIVA, F. D.; DIAS, F. O.; NICK, C. Selection of squash “Menina Brasileira” carrying the allele “Bush” with high yield potential. **Horticultura Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 35-39, 2019.
- GOMES, R. S., MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; OLIVEIRA, R. L.; CHAGAS, R. R.; PEREIRA, E. D.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Identification of high seed oil yield and high oleic acid content in Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2280-2290, 2022.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; OLIVEIRA, R. L.; CHAGAS, R. R.; PEREIRA, E. D.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Identification of high seed oil yield and high oleic acid content in Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2280-2290, 2022.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F.; CHAGAS, R. R.; OLIVEIRA, R. L.; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.) displays vast genetic variability, allowing identification of promising genotypes for agro-morphological traits. **PloS one**, v. 15, n. 6, p. e0230546, 2020.

GOOD GOD, P. I. V. **Divergência genética e capacidade combinatória de cultivares de soja para teores de ácidos graxos**. 2004. 69p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

GRALAK, E.; FARIA, M. V.; POSSATTO JÚNIOR, O.; ROSSI, E. S.; SILVA, C. A.; RIZZARDI, D. A.; MENDES, M. C.; NEUMANN, M. Capacidade combinatória de híbridos de milho para caracteres agronômicos e bromatológicos da silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 2, p. 187-200, 2014.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian journal of biological sciences**, v. 9, n. 4, p. 463-493, 1956.  
HAZRA, P.; MANDAL, A. K.; DUTTA, A. K.; RAM, H. H. Breeding pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. Ex Poir.) for fruit yield and other characters. **International Journal of Plant Breeding**, v. 1, n. 1, p. 51-64, 2007.

HONG, H.; KIM, C.; MAENG, S. Effects of pumpkin seed oil and saw palmetto oil in Korean men with symptomatic benign prostatic hyperplasia. **Nutrition research and practice**, v. 3, n. 4, p. 323-327, 2009.

IBANDA, A. P.; MALINGA, G. M.; TANZITO, G. A.; OCAN, D.; BADJI, A.; MWILA, N.; MSISKA, U.; ODONG, T. L.; KARUNG, J.; TUKAMUHABWA, P.; RUBAIHAYO, P. R. Combining ability and heritability of soybean resistance to groundnut leaf miner. **Euphytica**, v. 214, p. 1-15, 2018.

JHA, A.; PANDEY, S.; RAI, M.; YADAV, D. S.; SINGH, T. B. Heterosis in relation to combining ability for flowering behaviors and yield parameters in pumpkin. **Vegetable Science**, v. 36, n. 3s, p. 332-335, 2009.

KOUAGO, B. A.; SEKA, D.; BROU, K. F.; BONNY, B. S.; KOFFI, K. H. J.; ADJOURMANI, K.; SIE, R. S. Combining ability analysis of *Cucurbita moschata* D. in Côte d'Ivoire and classification of promising lines based on their gca effects. **Plos one**, v. 19, n. 8, p. e0305798, 2024.

MAYOR-DURAN, V. M.; RAATZ, B.; BLAIR, M. W. Desarrollo de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerante a sequía a partir de cruces inter acervo con genotipos procedentes de diferentes orígenes (Mesoamericano y Andino). **Acta Agronómica**, v. 65, n. 4, p. 431-438, 2016.

MEMON, S.; BALOCH, M. J.; BALOCH, G. M.; JATOI, W. A. Combining ability through line× tester analysis for phenological, seed yield, and oil traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Euphytica**, v. 204, p. 199-209, 2015.

MUKAMUHIRWA, F.; TUSIIME, G.; MUKANKUSI, M. C. Inheritance of high iron and zinc concentration in selected bean varieties. **Euphytica**, v. 205, p. 349-360, 2015.

NAZEER, W.; HUSSAIN, T.; KHAN, M. A.; NAEEM, M.; AMJID, M. W. HUSSAIN, K. Mechanism of inheritance for quantitative traits in interaspecific crosses of *Triticum aestivum* L. **World Applied Sciences Journal**, v. 22, p. 1440-1448, 2013.

NDUKAUBA, J.; NWOPIA, G. E.; ENE-OBONG, E. E. Combining ability and heterosis in egusi-melon *Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum and Nakai. **Ceylon Journal of Science**, v. 48, n. 4, p. 367-374, 2019.

NISHA, S. K.; VEERARAGAVATHATHAM, D. Heterosis and combining ability for fruit yield and its component traits in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.). **Advances in Applied Research**, v. 6, n. 2, p. 158-162, 2014.

OGHAN, H. A.; VAHED, M. M.; ATAEI, R.; GHOLAMHOSSEINI, M. Identification of superior parents and hybrids for improving canola production under optimum and late sowing conditions. **Euphytica**, v. 214, n. 6, p. 91, 2018.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. 1ª ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. 572p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. D.; ZIMMERMANN, M. J.O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações no melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora UFG, 1993. 271p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na agropecuária**. 6. ed. rev. Lavras: Editora UFLA, 2021. 508p.

RESENDE, G. M.; BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura brasileira**, v. 31, p. 504-508, 2013.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

SANTA CATARINA, R.; CORTES, D. F. M.; VETTORAZZI, J. C. F.; POLTRONIERI, T. P. S.; BARROS, G. B. A.; ARÊDES, F. A. S.; AZEVEDO, A. O. N.; RAMOS, H. C. C.;

- PEREIRA, M. G. Combining ability for fruit yield and quality in papaya recombinant inbred lines from the sexual conversion backcrossing. **Euphytica**, v. 215, n. 154, 2019.
- SANTOS, J. F.; DIRK, L. M.; DOWNIE, A. B.; SANCHES, M. F.; VIEIRA, R. D. Reciprocal effect of parental lines on the physiological potential and seed composition of corn hybrid seeds. **Seed Science Research**, v. 27, n. 3, p. 206-216, 2017.
- SEKA, D.; KOUAGO, B. A.; BONNY, B. S. Assessment of the variability of the morphological traits and differentiation of *Cucurbita moschata* in Cote d'Ivoire. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 3689, 2023.
- SHAJARI, M.; SOLTANI, F.; BIHAMTA, M. R.; ALABBOUD, M. Genetic analysis and inheritance of floral and fruit traits in melon (*Cucumis melo*) in the full diallel cross. **Plant Breeding**, v. 140, n. 3, p. 486-496, 2021.
- SINGH, J.; MICHELANGELI, J. A. C.; GEZAN, S. A.; LEE, H.; VALLEJOS, C. E. Maternal effects on seed and seedling phenotypes in reciprocal F<sub>1</sub> hybrids of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 42, 2017.
- SIROHI, P. S.; REDDY, Y. S.; BEHERA, T. K. Heterosis for yield and its attributing traits in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. ex Poir.). **Vegetable Science**, v. 29, n. 2, p. 178-179, 2002.
- SOBREIRA, F. M. **Divergência genética entre acessos de abóbora para estabelecimento de coleção nuclear e pré-melhoramento para óleo funcional**. 2013. 87p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.
- SOUZA, A. P.; SILVA, A. C.; MALLMANN, F. F.; DEMARTINI, W. F. B.; TANAKA, A. A.; SOUZA, M. E. Estimates of leaf area of *Curcubita moschata* Duch. based on linear measures and degree-days in planting of winter in the central-western region of Brazil. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 5, n. 6, p. 562-572, 2015.
- SOUZA, F. F.; GAMA, F. C.; QUEIRÓZ, M. A. Análise da capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos de três genótipos de melancia. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 789-793, 2004.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3. ed. rev. e ampl. New York: McGraw-Hill, 1980. 672p.
- YILDIRIM, M.; KIZILGECI, F.; ALBAYRAK, O.; IQBAL, M. A.; AKINCI, C. Grain yield and nitrogen use efficiency in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) hybrids under different nitrogen fertilization regimes. **Journal of Elementology**, v. 27, n. 3, 2022.

