



ARIANA LEMES DA COSTA

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE ABÓBORA TIPO
TETSUKABUTO: DESEMPENHO AGRONÔMICO,
DIVERSIDADE GENÉTICA E TOLERÂNCIA A VIROSES**

**LAVRAS-MG
2024**

ARIANA LEMES DA COSTA

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO:
DESEMPENHO AGRONÔMICO, DIVERSIDADE GENÉTICA E TOLERÂNCIA A
VIROSES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior
Orientador

Prof. Dr. Sebastião Márcio de Azevedo
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pela própria autora.**

Costa, Ariana Lemes da.

Melhoramento genético de abóbora tipo Tetsukabuto:
desempenho agrônômico, diversidade genética e tolerância a
viroses / Ariana Lemes da Costa. - 2024.

126 p. : il.

Orientador(a): Valter Carvalho de Andrade Junior.

Coorientador(a): Sebastião Márcio de Azevedo.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. *Cucurbita* sp. 2. *Zucchini yellow mosaic virus*. 3. *Squash
mosaic virus*. I. Andrade Junior, Valter Carvalho de. II. Azevedo,
Sebastião Márcio de. III. Título.

ARIANA LEMES DA COSTA

**MELHORAMENTO GENÉTICO DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO:
DESEMPENHO AGRONÔMICO, DIVERSIDADE GENÉTICA E TOLERÂNCIA A
VIROSES**

**BREEDING OF TETSUKABUTO PUMPKIN: AGRONOMIC PERFORMANCE,
GENETIC DIVERSITY AND TOLERANCE TO VIROSES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 28 de março de 2024.

Dr. Sebastião Márcio de Azevedo	UFLA
Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira	UFLA
Dr. Carlos Nick Gomes	UFV
Dr. Ernani Clarete da Silva	UFSJ

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior
Orientador

Prof. Dr. Sebastião Márcio de Azevedo
Coorientador

**LAVRAS-MG
2024**

À minha avó Maria (in memoriam) e à minha mãe Rosângela, pela motivação, apoio e amor.

Aos Produtores Rurais, que este trabalho contribua para futuramente lançar um híbrido competitivo no mercado.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por possibilitar a concretização do doutorado, por me guiar e por me dar forças para enfrentar os obstáculos.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de doutorado, que foi imprescindível para a realização da Pós-Graduação.

Ao Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras, onde o experimento foi desenvolvido. Um grande agradecimento e abraço ao Vicente, Técnico responsável pelo CDTT, e aos colaboradores Júnior, Ronaldo, Vanderlei, Luiz, Wilian e Vanessa, que auxiliaram no desenvolvimento do experimento no campo, desde o preparo da área até as avaliações.

Ao Laboratório de Virologia da UFLA, que disponibilizou as soluções e os inóculos dos vírus para realizar as inoculações.

Ao Professor Valter Carvalho de Andrade Júnior pela orientação e ensinamentos durante o doutorado.

Ao Professor Sebastião Márcio de Azevedo, pela coorientação e ensinamentos durante o doutorado.

Ao Professor Júlio Sílvio de Sousa Bueno Filho, do Departamento de Estatística, pelo auxílio na análise e representação de resultados do trabalho, e também pela paciência e conhecimentos compartilhados.

Ao Eduardo, pela amizade, sugestões e auxílio nas análises estatísticas.

Ao Orlando, pela amizade, sugestões e correções do trabalho.

A todos os amigos do Grupo de Estudos, que me auxiliaram em determinadas atividades deste trabalho: Orlando, Eduardo, Maria Elisângela, Taula, Jeferson, Matheus, Ígor, Neilson e Kaique.

À minha avó Maria (*in memoriam*) que se foi enquanto eu cursava o mestrado e que deixou muitas saudades, mas que, mesmo não estando presente, me dá muita força para buscar o melhor. À minha avó e à minha mãe Rosângela, pelas orações, preocupações, por nunca medirem esforços para que eu realize meus objetivos e por sempre me motivarem e ficarem felizes por minhas conquistas. À minha irmã Mirian e ao meu sobrinho Victor Henrique, pelo carinho e apoio.

Ao Professor Cleiton Lourenço de Oliveira e sua esposa Franciene, pela amizade e por serem meus grandes incentivadores desde a graduação.

À banca de defesa pela disponibilidade e contribuições ao trabalho.

A todos que apoiaram e ficaram felizes com minha conquista.

Agradeço!

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.” (José de Alencar)

RESUMO

O objetivo foi avaliar a performance agrônômica e identificar os melhores híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto; avaliar a diversidade genética entre estes híbridos e; selecionar progênies quanto ao hábito de crescimento e a tolerância aos vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e *Squash mosaic virus* (SqMV), visando promover a variabilidade genética para formação de germoplasma. No primeiro experimento avaliou-se 21 híbridos experimentais interespecíficos e quatro testemunhas (Nara, Takayama, Kanda e Jabras), os quais foram polinizados pela cultivar ‘Samantha’ e ‘Moranga Exposição’. As variáveis avaliadas foram a produtividade total e comercial de frutos (PTF e PCF), massa média de fruto total e comercial (MMFT e MMFC), número de frutos totais e comerciais (NFT e NFC), espessura da polpa e da casca (EP e EC), diâmetro da cavidade interna do fruto (DCI), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), teor de sólidos solúveis (TSS), parâmetros colorimétricos L^*C^*h da casca e polpa, textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), uniformidade de frutos (UF), barriga branca (BB) e coloração da casca e polpa (CC e CP). Estimou-se a melhor predição linear não viesada (BLUP) por meio da máxima verossimilhança residual restrita (REML) e realizou-se a análise de agrupamento (método UPGMA) e a análise de componentes principais (PCA). Para o segundo experimento, utilizou-se sementes da primeira geração segregante (PS1) dos cinco melhores híbridos selecionados no primeiro ensaio (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 e HE-35). Produziu-se as mudas de cada população segregante e inoculou-se os vírus separadamente. Os indivíduos foram avaliados por escalas de notas quanto à incidência aos vírus desde a fase de muda até a fase de produção em campo. Os indivíduos com sintomas foram eliminados e os remanescentes, sem sintomas, foram identificados quanto ao hábito de crescimento (rama longa, *bush* ou *semibush*) e cruzados com a cultivar ‘Samantha’, originando a população segregante do segundo cruzamento (PS2). Os frutos obtidos foram avaliados agronomicamente. Esses dados foram analisados descritivamente, além da análise UPGMA e PCA. No primeiro experimento, os híbridos apresentaram diferenças significativas para as características MMFT, MMFC, EP, AF, TSS, TC, FF, TF, UF, BB e CC, com destaque para HE-05, HE-07, HE-12 e HE-14, os quais superaram as testemunhas e apresentaram ótimo potencial para lançamento no mercado e/ou incorporação em novos programas de melhoramento. Houve divergência genética entre os 25 híbridos, com formação de quatro grupos distintos, sendo que o grupo dos híbridos HE-01, HE-12, HE-14, HE-22 e a Takayama se destacaram em MMFT, MMFC, AF e FF. No segundo experimento, considerando as mudas viáveis e inoculadas da população segregante até a fase de campo, 4,06% apresentaram tolerância ao vírus ZYMV e 4,65% ao vírus SqMV. Frutos e sementes viáveis foram obtidas em 19 indivíduos tolerantes ao ZYMV e em 25 indivíduos tolerantes ao SqMV. Formaram-se três grupos dissimilares para ZYMV e quatro para SqMV. Concluiu-se que as sementes da PS2, tolerantes a ambas viroses, (I7PS1HE-07ZYMV, I4PS1HE-12ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV, I5PS1HE-35ZYMV, I11PS1HE-35ZYMV, I35PS1HE-35ZYMV, I42PS1HE-35ZYMV, I18PS1HE-35SqMV, I20PS1HE-35SqMV, I6PS1HE-07SqMV, I17PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-18SqMV, I7PS1HE-35SqMV e I10PS1HE-35SqMV) serão avançadas no programa de melhoramento genético, sendo necessário a introdução do gene Bu nos indivíduos tolerantes a SqMV.

Palavras-chave: *Cucurbita maxima*; *Cucurbita moschata*; híbrido F₁; *Zucchini yellow mosaic virus*; *Squash mosaic virus*; REML/BLUP; análise PCA; análise de agrupamento.

ABSTRACT

The objective was to evaluate agronomic performance and identify the best experimental Tetsukabuto pumpkin hybrids; evaluate the genetic diversity between these hybrids; and select progenies for growth habit and tolerance to Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) and Squash mosaic virus (SqMV), aiming to promote genetic variability for the formation of germplasm. In the first experiment, 21 interspecific experimental hybrids and four controls (Nara, Takayama, Kanda and Jabras), which were pollinated by the cultivar 'Samantha' and 'Moranga Exposição'. The variables evaluated were total and commercial fruit productivity (PTF and PCF), average mass of total and commercial fruit (MMFT and MMFC), number of total and commercial fruits (NFT and NFC), thickness of the pulp and skin (EP and EC), diameter of the internal cavity of the fruit (DCI), height of the fruit (AF), fruit diameter (DF), soluble solids content (TSS), colorimetric parameters L^*C^*h of the skin and pulp, skin texture (TC), pulp moisture (UP), fruit shape (FF), fruit size (TF), fruit uniformity (UF), white belly (BB) and skin and pulp color (CC and CP). The best unbiased linear prediction (BLUP) was estimated using restricted maximum residual likelihood (REML) and cluster analysis (UPGMA method) and principal component analysis (PCA) were performed. For the second experiment, seeds from the first segregating generation (PS1) of the five best hybrids selected in the first trial (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 and HE-35) were used. Seedlings from each segregating population were produced and the viruses were inoculated separately. The individuals were evaluated using rating scales regarding the incidence of viruses from the molting stage to the field production stage. Individuals with symptoms were eliminated and the remainder, no symptoms, were identified according to their growth habit (long branch, *bush* or *semi-bush*) and crossed with the cultivar 'Samantha', originating the segregating population of the second crossing (PS2). The fruits obtained were agronomically evaluated. These data were analyzed descriptively, in addition to UPGMA and PCA analysis. In the first experiment, the hybrids showed significant differences for the characteristics MMFT, MMFC, EP, AF, TSS, TC, FF, TF, UF, BB and CC, with emphasis on HE-05, HE-07, HE-12 and HE-14, which surpassed the controls and presented excellent potential for launch on the market and/or incorporation into new improvement programs. There was genetic divergence among the 25 hybrids, with the formation of four distinct groups, with the group of hybrids HE-01, HE-12, HE-14, HE-22 and Takayama standing out in MMFT, MMFC, AF and FF. In the second experiment, considering viable and inoculated seedlings from the segregating population until the field phase, 4.06% showed tolerance to the ZYMV virus and 4.65% to the SqMV virus. Viable fruits and seeds were obtained from 19 individuals tolerant to ZYMV and 25 individuals tolerant to SqMV. Three dissimilar groups were formed for ZYMV and four for SqMV. It was concluded that PS2 seeds, tolerant to both viruses, (I7PS1HE-07ZYMV, I4PS1HE-12ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV, I5PS1HE-35ZYMV, I11PS1HE-35ZYMV, I35PS1HE-35ZYMV, I42PS1HE-35ZYMV, I18PS1HE-35SqMV, I20PS1HE-35SqMV, I6PS1HE-07SqMV, I17PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-18SqMV, I7PS1HE-35SqMV and I10PS1HE-35SqMV) will be advanced in the genetic improvement program, requiring the introduction of the Bu gene in individuals tolerant to SqMV.

Keywords: *Cucurbita maxima*; *Cucurbita moschata*; F₁ hybrid; Zucchini yellow mosaic virus; Squash mosaic virus; REML/BLUP; PCA analysis; cluster analysis.

INDICADORES DE IMPACTO

O trabalho teve como objetivo avaliar a performance agrônômica e identificar os melhores híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto; avaliar a diversidade genética entre estes híbridos; e selecionar progênes quanto ao hábito de crescimento e a tolerância aos vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e *Squash mosaic virus* (SqMV), visando promover a variabilidade genética para formação de germoplasma. O principal impacto direto desse trabalho consiste na descoberta de que há populações originárias da segregação de híbridos experimentais com hábito de crescimento compacto e tolerantes aos vírus ZYMV e SqMV, sendo superiores aos atuais híbridos comerciais. Com esse resultado, há um potencial impacto de um futuro lançamento de ao menos um híbrido, o que reflete em impactos diretos na agricultura sustentável. Isso porque o híbrido apresentará maior potencial produtivo devido ao adensamento de plantio e à redução do uso de inseticidas para o controle dos insetos vetores das viroses, melhorando a vida na água e na terra, através da não contaminação desses recursos. Consequentemente, possibilitará maior rentabilidade ao agricultor. Além disso, haverá melhoria da saúde e bem-estar dos agricultores e da população, em virtude da produção de alimentos mais seguros. Outro potencial impacto será a realização de ensaios de “valor de cultivo e uso” em propriedades rurais, promovendo a ampliação do trabalho acadêmico para a extensão no âmbito da área temática de tecnologia e produção, garantindo o envolvimento de ao menos dois docentes e dois discentes. Com o alcance dos futuros resultados, haverá parcerias com empresas privadas, a fim de produzir as sementes para a venda do híbrido e, assim, gerará *royalties* para a universidade.

IMPACT INDICATORS

The aim of the work was to evaluate agronomic performance and identify the best experimental Tetsukabuto pumpkin hybrids; evaluate the genetic diversity between these hybrids; and select progenies regarding growth habit and tolerance to *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) and *Squash mosaic virus* (SqMV), aiming to promote genetic variability for the formation of germplasm. The main direct impact of this work consists of the discovery that there are populations originating from the segregation of experimental hybrids with a compact growth habit and tolerant to the ZYMV and SqMV viruses, which are superior to current commercial hybrids. With this result, there is a potential impact of a future launch of at least one hybrid, which has direct impacts on sustainable agriculture. This is because the hybrid will have greater productive potential due to the density of planting and the reduction in the use of insecticides to control insect vectors of viruses, improving life in water and on land, through the non-contamination of these resources. Consequently, it will enable greater profitability for the farmer. Furthermore, there will be an improvement in the health and well-being of farmers and the population, due to the production of safer food. Another potential impact will be the carrying out of “cultivation and use value” tests on rural properties, promoting the expansion of academic work for extension within the thematic area of technology and production, ensuring the involvement of at least two teachers and two students. With the achievement of future results, there will be partnerships with private companies in order to produce the seeds for the sale of the hybrid and, thus, generate royalties for the university.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	13
1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Espécies do gênero Cucurbita e sua importância	17
2.2	Abóbora tipo Tetsukabuto	19
2.3	Biologia floral e polinização da abóbora tipo Tetsukabuto	20
2.4	Objetivos do melhoramento genético da abóbora híbrida tipo Tetsukabuto	22
2.5	Métodos de melhoramento genético para obtenção do híbrido Tetsukabuto	24
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	33
	ARTIGO 1 DESEMPENHO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO VIA ABORDAGEM DE MODELOS MISTOS	34
1	INTRODUÇÃO	35
2	MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1	Local e condições ambientais no experimento	36
2.2	Tratamentos e delineamento experimental	37
2.3	Produção de mudas e preparo dos canteiros	37
2.4	Colheita e avaliação dos frutos	38
2.5	Análise dos dados	39
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4	CONCLUSÕES	52
	REFERÊNCIAS	53
	ARTIGO 2 DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO	56
1	INTRODUÇÃO	57
2	MATERIAL E MÉTODOS	59
2.1	Local e condições ambientais no experimento	59
2.2	Tratamentos e delineamento experimental	59
2.3	Produção de mudas e preparação dos canteiros	59
2.4	Colheita e avaliação dos frutos	60
2.5	Análise dos dados	62
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63

4	CONCLUSÕES	68
	REFERÊNCIAS	70
	ARTIGO 3 FENOTIPAGEM E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE ABÓBORA	
	TIPO TETSUKABUTO QUANTO AO HÁBITO DE CRESCIMENTO E A	
	TOLERÂNCIA AO VÍRUS ZYMV	73
1	INTRODUÇÃO	74
2	MATERIAL E MÉTODOS	76
2.1	Local e condições experimentais	76
2.2	Organograma de implementação dos experimentos	76
2.2.1	Obtenção das sementes PS1 e tratamentos	76
2.2.2	Produção de mudas	78
2.2.3	Inoculação dos vírus	78
2.2.4	Avaliação e seleção precoce	78
2.2.5	Transplântio das mudas no campo	79
2.2.6	Avaliação e seleção no campo	80
2.2.7	Cruzamentos controlados	80
2.2.8	Colheita e avaliação dos frutos	81
2.3	Análises dos dados	82
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
4	CONCLUSÕES	93
	REFERÊNCIAS	95
	ARTIGO 4 FENOTIPAGEM E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE ABÓBORA	
	TIPO TETSUKABUTO QUANTO AO HÁBITO DE CRESCIMENTO E A	
	TOLERÂNCIA AO VIRUS SqMV	99
1	INTRODUÇÃO	100
2	MATERIAL E MÉTODOS	102
2.1	Local e condições experimentais.....	102
2.2	Organograma de implementação dos experimentos.....	102
2.2.1	Obtenção das sementes PS1 e tratamentos.....	103
2.2.2	Produção de mudas	104
2.2.3	Inoculação dos vírus.....	104
2.2.4	Avaliação e seleção precoce.....	105
2.2.5	Transplântio das mudas no campo	106
2.2.6	Avaliação e seleção no campo	106

2.2.7	Cruzamentos controlados.....	107
2.2.8	Colheita e avaliação dos frutos	108
2.3	Análises dos dados	109
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	110
4	CONCLUSÕES	121
	REFERÊNCIAS	122

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A abóbora híbrida tipo Tetsukabuto, obtida do cruzamento entre as espécies *Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata* (Guerra *et al.*, 2020), destaca-se como o tipo de abóbora mais cultivado no Brasil (Almeida *et al.*, 2019). Um dos fatores que contribui para o elevado consumo é seu alto valor nutricional, como sais minerais, a exemplo do ferro, cálcio, potássio e magnésio, e vitaminas A, B, C e E (Almeida *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2022). Além destes benefícios, as abóboras tipo Tetsukabuto apresentam características favoráveis à produção, como alta produtividade, precocidade, uniformidade, adaptação a diferentes ambientes, qualidade organoléptica (incluindo textura, sabor e reduzido tempo de cozimento), prolongada conservação pós-colheita e elevada resistência a pragas e doenças (Amaro *et al.*, 2017; Cardoso; Souza Neto, 2016; Lima *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2014). Apesar disso, as viroses ainda são um problema recorrente na cultura e ocasionam perdas significativas, o que demanda estratégias eficazes de manejo de resistência.

Dentre as viroses de maior representatividade no gênero *Cucurbita*, destacam-se as causadas pelos vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e *Squash mosaic virus* (SqMV) (Beloti *et al.*, 2022; Pavan; Sakate, 2017). Alguns sintomas comuns são clorose nas nervuras das folhas, mosaico severo, necrose sistêmica, amarelecimento das folhas, subdesenvolvimento e deformação das folhas e frutos (Beloti *et al.*, 2022; Pavan; Sakate, 2017). No entanto, o controle deve ser realizado preventivamente, sendo que a forma mais eficiente é o uso de híbridos tolerantes ou resistentes (Beloti *et al.*, 2022).

Outra característica avaliada pelos melhoristas é o hábito de crescimento das plantas, visto que plantas mais compactas proporcionam maiores adensamentos e números de frutos por área (Oliveira *et al.*, 2021). Assim, os hábitos *bush* (tipo moita) e *semibush* (tipo meia rama) são prioritários, pois apresentam reduzido comprimento dos entrenós quando comparados ao hábito rama longa (Laurindo *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2021; Uretsky; Loy, 2017; Zhang *et al.*, 2015). O comprimento da rama é controlado por dois pares de genes dominantes comuns em *Cucurbita maxima* (Singh, 1949); e por um par de alelos em *C. moschata*, sendo que o hábito *bush* (B) se deve ao gene Bu em homozigose dominante e o *semibush* (SB) ocorre em virtude do gene em heterozigose (Zhang *et al.*, 2015).

Embora a abóbora tipo Tetsukabuto apresente grande relevância dentre os tipos de abóbora, verifica-se uma intensiva importação de sementes pelo Brasil (Amaro *et al.*, 2017). Assim, há necessidade de intensificar os programas de melhoramento genético no país, a fim de aumentar as linhagens nacionais com maior potencial agrônomo e desenvolver híbridos

interespecíficos mais promissores e acessíveis aos produtores. Isso pode proporcionar a obtenção de híbridos superiores aos pré-existentes, no que se refere às características agrônomicas de interesse (Amaro *et al.*, 2014).

Para a obtenção desses híbridos, necessita-se gerar uma população segregante que possibilite a seleção de indivíduos com características de interesse. Além disso, por se tratar de um híbrido interespecífico, deve-se obter linhagens de *C. maxima* e *C. moschata* que, posteriormente, apresentem boa complementariedade. Entretanto, a obtenção da população a partir de híbridos comerciais é dificultada, pois as sementes F₂ obtidas apresentam esterilidade (Liu *et al.*, 2022). Para solucionar esse problema, comumente utiliza-se o cruzamento adicional ou retrocruzamento (Liu *et al.*, 2022; Zhang; Yu; Medina, 2012). A partir dessa população, em meio a variabilidade genética, é possível selecionar linhagens endogâmicas superiores em gerações segregantes avançadas (Abdein; Hassan; Dália, 2017; Karaağaç; Balkaya, 2013).

Paralelo a isso, a análise multivariada permite o estudo simultâneo da diversidade genética da população considerando um conjunto de características de interesse. Os métodos de agrupamentos e dispersão são os mais utilizados para identificar essa divergência (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2014). O método de agrupamento denominado “grupo de pares não ponderados com média aritmética” (UPGMA) visa agrupar os genótipos conforme suas similaridades (Nguyen *et al.*, 2020), enquanto o método dispersivo de Análise de Componentes Principais (PCA) identifica quais características colaboram para a formação dos grupos (Gomes *et al.*, 2020). Assim, esses métodos podem ser utilizados simultaneamente de forma complementar para auxiliar na interpretação da diversidade genética existente (Abdein; Hassan; Dália, 2017). Contudo, são raras as pesquisas que abordam a análise multivariada para características quantitativas e qualitativas multicategóricas em híbridos interespecíficos tipo Tetsukabuto, principalmente no Brasil.

Assim, para promover a variabilidade genética e selecionar indivíduos promissores, este estudo teve como objetivo: i) avaliar a performance agrônômica e identificar os híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto com maior produtividade e qualidade de frutos; ii) avaliar a diversidade genética entre híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto; iii) avaliar e selecionar progênies de abóbora tipo Tetsukabuto quanto ao hábito de crescimento e a tolerância aos vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e *Squash mosaic virus* (SqMV), visando promover a variabilidade genética para formação de germoplasma.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Espécies do gênero *Cucurbita* e sua importância

As abóboras, morangas e abobrinhas pertencem a família Cucurbitaceae, a qual engloba aproximadamente 90 gêneros, além de um amplo número de espécies, sendo superior a 800 espécies (Bee; Barros, 1999). A maioria dessas espécies são adaptadas aos climas tropical e subtropical (Amaro *et al.*, 2017), pois são originárias da América (Cardoso; Souza Neto, 2016).

Vale mencionar que no Reino Vegetal, o gênero *Cucurbita* possui uma das maiores diversidades morfológicas em relação às plantas e aos frutos (Amaro *et al.*, 2017). A diversidade desse gênero é função do número de cromossomos relativamente alto ($2n = 40$ cromossomos) (Priori *et al.*, 2013). Além disso, acredita-se que sua origem foi devido à alopoliploidia, ou seja, os indivíduos desse gênero foram originados a partir do genoma de dois ou mais conjuntos cromossômicos de diferentes espécies (Amaro *et al.*, 2017; Bisognin, 2002).

Dentre as espécies do gênero *Cucurbita*, há cinco domesticadas, sendo elas a *Cucurbita argyrosperma* Huber. (mogango-de-pescoço, mogango-gringo ou abóbora-batata-doce), *C. ficifolia* Bouché (abóboras-gila), *C. maxima* Duchesne (morangas), *C. moschata* Duchesne (abóboras) e *C. pepo* L. (abobrinhas) (Heiden; Barbieri; Neitzke, 2007; Priori *et al.*, 2013). Três dessas espécies possuem grande importância socioeconômica no Brasil: *C. maxima*, *C. moschata* e *C. pepo* (Heiden; Barbieri; Neitzke, 2007).

A produção mundial de abóboras, morangas e cabaças (espécie pertencente a família Cucurbitaceae) em 2022 foi de aproximadamente 22,81 milhões de toneladas, em uma área de aproximadamente 1,52 milhão de hectare, com produtividade média de 14,99 toneladas hectare⁻¹ (FAO, 2023). Dessa produção, os cinco países que mais participaram foram China (24,91% da produção total), em seguida, Índia (14,89% da produção total), Rússia (4,31% da produção total), Ucrânia (4,04% da produção total) e Estados Unidos da América (2,83% da produção total). Entretanto, os dados da FAO (2023), não incluem a produção brasileira de abóboras, morangas e cabaças, indicando que a produção mundial é superior ao estimado.

Segundo os dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2017, a produção de abóboras, morangas e jerimums no Brasil foi de 417.839 toneladas em uma área de 78.671 hectares (IBGE, 2018). Essa produção foi proveniente de 273.451 estabelecimentos agropecuários (IBGE, 2018). Das regiões brasileiras, as maiores produtoras, em ordem decrescente, são Sudeste (31,96%), Nordeste (30,32%), Sul (24,00%), Centro-Oeste (7,65%) e Norte (6,08%) (IBGE, 2018). Assim, os Estados que mais produzem abóboras,

morangas e jerimuns são Minas Gerais e Bahia, que correspondem a 20% e 14,65% da produção nacional, respectivamente (IBGE, 2018). Em 2017, a produtividade média de Minas Gerais foi de 8,77 t ha⁻¹, enquanto a produtividade média nacional foi de 5,31 t ha⁻¹ (IBGE, 2018). A baixa produtividade está associada ao cultivo de populações heterogêneas nas pequenas propriedades rurais, além de baixa adaptabilidade dessas populações às regiões (Amaro *et al.*, 2017). Entretanto, este cenário tem mudado, com a introdução de híbridos de grande aceitação no mercado, que atualmente ocupam grande parte da área plantada no Brasil (Amaro *et al.*, 2014).

Em 2017, as abóboras e as morangas se alocaram na 28^o posição no ranqueamento dos produtos mais comercializados na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), com 33.176 toneladas (CEAGESP, 2017). Do total comercializado, 58,96% foram de abóbora Tetsukabuto, 25% de morangas (*C. maxima*), 12,5% de abóbora seca (*C. moschata*), também conhecida como abóbora de pescoço, 6,75% de abóbora paulistinha (*C. moschata*) e 0,4% de abóbora d'água (*Benincasa hispida*). Embora esses dados incluam a abóbora d'água, com aproximadamente 133 toneladas, esta não pertence ao gênero *Cucurbita*. No mais, os estados que mais abasteceram o CEAGESP com esses produtos foram Santa Catarina (41%), São Paulo (25%) e Minas Gerais (9,7%) (CEAGESP, 2017).

Dentre as espécies do gênero *Cucurbita*, o segmento de abóbora tipo Tetsukabuto é líder de mercado nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, sendo produzidas em todas as regiões do país (Amaro *et al.*, 2017). Os últimos dados, referentes a 2016, apontaram uma produção brasileira de abóbora tipo Tetsukabuto correspondente a 680.613 toneladas em uma área de 42.538 ha, correspondendo a 16,0 t ha⁻¹ (CNA, 2017). Desta produção brasileira, 13% foram destinadas as Centrais de Abastecimento (CEASAS), das quais considerando a perda de 30%, comercializou-se 70%, movimentando 33,3 milhões de dólares (CNA, 2017).

Dados recentes demonstraram que, em 2022, o Entrepósito da CEAGESP em São Paulo recebeu 18.300 toneladas de abóbora tipo Tetsukabuto (CEAGESP, 2023). Essa produção veio principalmente dos municípios de Itapeva/SP (7,45%), Matias Cardoso/MG (6,37%), Itaberá/SP (6,33%), Itaiópolis/SC (6,06%), Castro/PR (5,35%) e Verdelândia/MG (4,68%) (CEAGESP, 2023). O crescimento desse seguimento se deve a maior adaptabilidade, produtividade, uniformidade, tempo de pós-colheita, qualidade organoléptica (textura, sabor e reduzido tempo de cozimento) e precocidade, além de polpa de coloração laranja intensa, quando comparado aos genótipos de polinização aberta (Amaro *et al.*, 2014; Miranda *et al.*, 2017).

Embora os dados mais recentes do IBGE (2018) demonstrem que Minas Gerais foi o estado que mais produziu abóboras, morangas e jerimuns no ano de 2017, não há estatísticas

atualizadas sobre a produção de abóbora tipo Tetsukabuto neste estado. Em 2010, Minas Gerais produziu aproximadamente 36.000 toneladas de abóbora Tetsukabuto, com produtividade média de 15 t ha⁻¹ (Campo & Negócio, 2010).

Além da importância econômica, as abóboras e as morangas possuem componentes alimentares relevantes para a alimentação humana, sendo ricas em fibras, vitaminas A, B, C e E, e sais minerais, a exemplo do cálcio, potássio, magnésio, ferro e vitaminas, além de apresentarem teores totais de sólidos solúveis entre 12% e 18% (Almeida *et al.*, 2019; Miranda *et al.*, 2017). Esses frutos podem ser utilizados no preparo de doces, pratos salgados, cozidos e ensopados (Resende; Borges; Gonçalves, 2013), além de usados na alimentação animal (Heiden; Barbieri; Neitzke, 2007). No mais, as sementes podem ser torradas e utilizadas na alimentação humana, sendo um aperitivo rico em ferro (FERREIRA *et al.*, 2017).

2.2 Abóbora tipo Tetsukabuto

A abóbora tipo Tetsukabuto é originária do Japão e seu nome em japonês significa “capacete de ferro”, em que “tetsu” significa ferro e “kabuto” significa capacete, em virtude do formato globular dos frutos e sua coloração externa (Amaro *et al.*, 2018; Nascimento; Pessoa; Silva, 2011). Esta abóbora também é comumente chamada de abóbora japonesa ou kabutiá, sendo um híbrido interespecífico resultante do cruzamento entre *C. maxima* e *C. moschata* (Amaro *et al.*, 2017).

Os cruzamentos interespecíficos entre as espécies *C. maxima* e *C. moschata* são muito explorados pelas empresas de melhoramento genético, visando a obtenção de genótipos com características superiores aos materiais já existentes, além de elevar a heterose (Amaro *et al.*, 2017). Conforme estudos de Yongan *et al.* (2002a), a espécie *C. maxima* tem grande potencial para introduzir caracteres de interesse em outras espécies do gênero. Assim, os autores verificaram compatibilidade de *C. maxima* com as espécies *C. moschata* e *C. argyrosperma* e, conseqüentemente, com geração de uma população heterótica (Yongan *et al.*, 2002a).

Usualmente, para a obtenção do híbrido Tetsukabuto, utiliza-se uma linhagem de *C. maxima* como parental feminino e uma linhagem de *C. moschata* como parental masculino, ou seja, como polinizador, pois essa combinação apresenta boa produção de sementes (Cardoso; Souza Neto, 2016; Guerra *et al.*, 2020). É importante compreender que existem barreiras de cruzamento, além de distintos níveis de afinidade entre as linhagens endogâmicas das duas espécies (Yongan *et al.*, 2002b). Segundo o mesmo autor, uma boa afinidade corresponde à obtenção de frutos com sementes normais. Vale mencionar que os híbridos interespecíficos

geralmente não geram sementes viáveis, possibilitando o maior rendimento de pericarpo, visto que os assimilados não necessitam ser direcionados para o desenvolvimento das sementes (Uretsky; Loy, 2017).

No mercado de sementes, há empresas públicas e privadas que trabalham com o melhoramento genético da abóbora Tetsukabuto, embora a produção das sementes para a comercialização dessas cultivares seja realizada, na maioria das vezes, por empresas privadas. De acordo com o Registro Nacional de Cultivares (RNC) existem 62 registros de cultivares de abóbora híbrida tipo Tetsukabuto (MAPA, 2024).

2.3 Biologia floral e polinização da abóbora tipo Tetsukabuto

A expressão sexual da abóbora tipo Tetsukabuto é representada pela produção de flores masculinas e femininas na mesma planta, caracterizando uma planta monoica (Amaro *et al.*, 2014). Essa expressão é fortemente influenciada pelas condições ambientais, assim, nas plantas em estágio inicial, com até cinco folhas, os dias longos e quentes favorecem a formação de flores masculinas, enquanto o inverso favorece a formação de flores femininas (Cardoso; Souza Neto, 2016).

As flores masculinas do híbrido tipo Tetsukabuto são macho-estéreis, o que necessita de um plantio sincronizado de *C. maxima* ou *C. moschata* para fornecer pólen para a polinização cruzada por meio de insetos, principalmente pelas abelhas *Apis mellifera* (Amaro *et al.*, 2014; Magalhães, 2013). Essa cultivar polinizadora deve ocupar 20% da área de plantio e ser plantada cerca de 20 dias antes do híbrido (Nascimento *et al.*, 2008). Como substituição ao uso de cultivares fornecedoras de pólen, pode-se utilizar a aplicação de reguladores de crescimento do grupo das auxinas, como o ácido 2,4-diclorofenoxiacético, a fim de induzir a partenocarpia. Para isso, a aplicação é direcionada nas flores abertas (Amaro *et al.*, 2014; Krishnamoorthy, 1981; Pereira *et al.*, 2012; Wittwer, 1983).

Nomura *et al.* (2019) avaliaram a produção de abóboras tipo Tetsukabuto com a aplicação de diferentes doses do princípio ativo 2,4-D (ácido 2,4-dicloro fenoxiacético), sendo de 0 a 200 mg L⁻¹, nas flores femininas. Assim, verificaram que a dose de 140 mg L⁻¹ foi a mais efetiva na produção dos frutos partenocárpicos (Nomura *et al.*, 2019). Já Miranda *et al.* (2017) estudaram maiores doses (187,5 a 262,5 mg L⁻¹) e observaram que até a dose de 250 mg L⁻¹ houve aumento progressivo na produtividade e massa média dos frutos quando comparada a polinização natural. Esses autores também verificaram uma redução do ciclo da cultura com o aumento das doses (Miranda *et al.*, 2017). Também há relatos que essa prática contribui para

uma produtividade superior, chegando a 25 toneladas hectare⁻¹, quando comparada a utilização de doador de pólen, que na média brasileira varia de 9 a 12 toneladas hectare⁻¹ (Franco, 1999).

Com o início do florescimento, as partes vegetativas e reprodutivas da abóbora competem por fotoassimilados e nutrientes. Em virtude disso, com o desenvolvimento dos frutos ocorre a redução do crescimento vegetativo. É válido destacar, que também existe competição entre os frutos, sendo que o maior desenvolvimento ocorre nos frutos mais velhos. Assim, os frutos jovens têm o desenvolvimento comprometido ou até mesmo são abortados pela planta (Cardoso; Souza Neto, 2016).

O pegamento dos frutos é muito dependente da polinização que, por sua vez, é influenciada por condições ambientais (baixas temperaturas, chuvas por um longo período e ventos fortes), além do uso de irrigação por aspersão no período de revoada das abelhas, falta de diversidade de espécies polinizadoras e de polinizadores eficazes, uso de inseticida no horário de revoada e a proporção de flores sexuais no campo (Allesh *et al.*, 2019; Amaro *et al.*, 2014; Petersen *et al.*, 2013; Sinu *et al.*, 2017). A polinização é eficiente no período da manhã devido o estigma estar receptivo, entre as 6 e 11 horas no dia da antese, conseqüentemente, é o período de maior atividade das abelhas nas flores (Amaro *et al.*, 2014).

As flores permanecem abertas, geralmente, por um dia. Com isso, o grão de pólen mantém-se viável também por um dia, o que impossibilita o armazenamento. Entretanto, se o pólen for coletado antes da abertura floral, quando as pétalas estão túrgidas e iniciam a mudança de coloração, podem ser armazenadas em baixas temperaturas, entre 6 e 8 °C, por até dois dias para a realização da polinização (Cardoso; Souza Neto, 2016). Dessa forma, a viabilidade dos grãos de pólen em abóboras é de aproximadamente 92% no momento da antese, já quando as flores fecham a viabilidade é reduzida para 75% e 24 horas após a antese chega a 10%, em virtude da desidratação do pólen (Cardoso, 2005). Contudo, há agricultores que instalam apiários próximos aos cultivos de abóbora Tetsukabuto, cerca de três caixas por hectare, para aumentar a taxa de polinização (Amaro *et al.*, 2014).

Para fins de melhoramento genético, a polinização controlada consiste em proteger, com barbante ou cliques, as flores femininas e masculinas no dia anterior da antese, que podem ser reconhecidas por meio das pétalas túrgidas e início da mudança de coloração. Assim, o objetivo da proteção é impedir a ocorrência da polinização indesejada e contaminação de pólen de diferentes plantas por meio dos insetos (Cardoso; Souza Neto, 2016). No próximo dia, retira-se a flor masculina da cultivar polinizadora e, em seguida, remove-se suas pétalas, e encosta-se seus estames com pólen no estigma da flor feminina (Amaro *et al.*, 2014). Logo, quanto maior a quantidade de pólen sobre o estigma, maior será a produção de sementes, por isso, pode-se

utilizar duas ou mais flores masculinas para uma feminina. Após a polinização, realiza-se novamente a proteção da flor feminina, com um saco de papel com clips, além de uma etiqueta de identificação. A fim de não comprometer o desenvolvimento dos frutos de polinização controlada, os demais frutos da planta podem ser retirados. Esse processo é o mesmo para realizar autofecundação, entretanto, utiliza-se a flor masculina e a feminina da mesma planta (Cardoso; Souza Neto, 2016).

Considerando o estabelecimento de futuros cruzamentos, é relevante saber que seu florescimento inicia por volta dos 35 dias após o plantio, podendo durar mais de 35 dias (Amaro *et al.*, 2014). O período de colheita varia conforme a cultivar e as condições climáticas, mas geralmente ocorre entre 40 e 60 dias após a antese das flores, o que corresponde de quatro a cinco meses após a germinação (Cardoso; Souza Neto, 2016; Hora; Camargo; Buzanini, 2018). Ainda segundo Cardoso e Souza Neto (2016), os frutos devem permanecer em repouso por pelo menos sete dias antes da extração das sementes, para que a maturação se complete.

2.4 Objetivos do melhoramento genético da abóbora híbrida tipo Tetsukabuto

Para realizar um programa de melhoramento com a abóbora tipo Tetsukabuto é importante conhecer suas características desejáveis: frutos com casca verde escura e brilhante, formato redondo achatado, gomos suaves, massa entre 2 e 3 kg, polpa laranja intensa com espessura de aproximadamente 2,7 cm; plantas vigorosas com hábito de crescimento prostrado e indeterminado, e ramos de tamanho mediano (Amaro *et al.*, 2014).

O aumento da produtividade, a resistência a patógenos e a qualidade dos frutos são os principais objetivos do melhoramento genético da abóbora tipo Tetsukabuto (Cardoso; Souza Neto, 2016). Amaro *et al.* (2017) avaliaram o desempenho agrônomico de híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto por intermédio da avaliação direta e da correlação entre as características dos frutos. Verificaram que há correlação positiva de elevada magnitude entre a produtividade e as características de número de frutos por planta, massa média de frutos por planta, espessura da polpa e largura dos frutos. Por outro lado, o estudo apresentou correlação negativa de elevada magnitude entre massa média de frutos por planta e teor de sólidos solúveis. Também verificaram um ótimo desempenho do híbrido experimental CNPH 2377, com produtividade (21,98 t ha⁻¹) duas vezes superior à testemunha comercial Jabras, massa média acima de 3 kg, cerca de quatro frutos por planta, com polpa espessa (34,41 mm), casca fina (2,17 mm) e razoável teor de sólidos solúveis (17,01 °Brix) (Amaro *et al.*, 2017).

Além de avaliar e caracterizar populações híbridas e segregantes quanto aos caracteres relacionados à produtividade, é válido descrever o hábito de crescimento das plantas. Laurindo et al. (2017) avaliaram híbridos de *Cucurbita moschata* visando a seleção para o tipo moita, ou seja, que apresentassem o gene *Bush*. Isso porque as plantas com hábito de crescimento rastejante (rama longa) ocupam área de até 25 m² planta⁻¹, reduzindo assim, a produtividade. Nesse sentido, plantas mais compactas propiciam o aumento da produtividade por área (Oliveira et al., 2021).

Dos problemas fitossanitários da cultura, a incidência de oídio e viroses possuem destaque. O oídio é causado pelo fungo *Sphaerotheca fuliginea*, e as condições de clima, espécie de cucurbitácea e a cultivar definem a severidade dessa doença (Lourenço Júnior; Cunha, 2019; Pavan; Sakate, 2017). Os sintomas são uma massa pulverulenta de coloração branca nas folhas (superfície adaxial e abaxial), pecíolos e hastes, composta por micélio, conídios e conidióforo. Os sinais são manchas amarelas que evoluem para marrom até a secagem completa da área afetada, podendo acarretar na morte da planta. O fungo apresenta ótimo desenvolvimento em temperaturas entre 13 e 30 °C, com umidade relativa do ar alta e presença de luz (Mieslerová et al., 2022).

Em relação às doenças viróticas em abóboras e morangas no Brasil são afetadas principalmente pelo gênero Potyvirus, que inclui *Papaya ringspot vírus - watermelon* (PRSV-W), *Watermelon mosaic virus* (WMV-2) e *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), gênero Cucumovirus, com destaque ao *Cucumber mosaic virus* (CMV), transmitidos por pulgões; gênero Tospovirus, pelo *Zucchini lethal chlorosis virus* (ZLCV), transmitidos por tripses; e o gênero Comovirus, pelo *Squash mosaic virus* (SqMV), transmitido por coleópteros, principalmente *Diabrotica bivittula*, *D. speciosa* e *Epilachma cacica* (Lima; Alves, 2011; Souza; Lima; Amaro, 2013). As viroses apresentam como sintoma o mosaico em folhas novas, redução no desenvolvimento da planta e produção de frutos deformados e pequenos (Alencar, 2016). Assim, o controle mais eficiente desses patógenos é por meio da resistência genética das cultivares, evidenciando a importância da identificação de genótipos resistentes em programas de melhoramento (Lima; Alves, 2011; Souza; Lima; Amaro, 2013).

O estudo das características organolépticas também é relevante no melhoramento de abóboras. Como exemplo, o estudo de Almeida et al. (2019), em que os autores avaliaram as características físico-químicas tais como: acidez total titulável, pH, sólidos solúveis, teor de carotenoides, tempo de cozimento, cor e dureza. Os autores também verificaram a relação dessas características com os perfis sensoriais, incluindo a análise descritiva de preferência e intenção de compra de cultivares de abóboras. Essa análise demonstrou que os consumidores

preferem frutos de polpa laranja intenso e de tamanho pequeno, com massa entre 1 e 1,5 kg. Portanto, o perfil sensorial e as características físico-químicas auxiliam na seleção de melhores genótipos, resultando em melhor qualidade (Almeida *et al.*, 2019). Contudo, esses perfis, principalmente quando se fala sobre o massa ideal do fruto, podem variar com os avaliadores, a exemplo pela quantidade de abóbora que esses avaliadores consomem individualmente ou por grupo familiar, se houver. Além disso, o tamanho do fruto de Tetsukabuto pode variar com o mercado. Luengo (2017) relata que no Centro-Oeste e no Norte a preferência é por frutos de massa entre 2,5 kg a 3,2 kg, enquanto em São Paulo entre 1,8 kg e 2,0 kg. Já Amaro *et al.* (2014) demonstraram que o mercado possui preferência por frutos grandes (2 a 3 kg), polpa laranja intensa, coloração de casca escura e polpa enxuta.

Segundo Cardoso e Souza Neto (2016), outros objetivos do melhoramento genético serão intensificados a médio ou longo prazo, como: lançamento de híbridos com maior qualidade nutricional; híbridos para atender o sistema orgânico; e frutos diferenciados em relação a formatos e/ou cores.

2.5 Métodos de melhoramento genético para obtenção do híbrido Tetsukabuto

Todos os métodos recomendados para espécies alógamas podem ser utilizados no melhoramento genético da abóbora. Entretanto, evidencia-se que o objetivo principal dos melhoristas é a obtenção de híbridos, nesse sentido, também pode-se utilizar métodos recomendados para espécies autógamas, a fim de obter linhagens com alto nível de endogamia (Cardoso; Souza Neto, 2016). Com essas linhagens, os melhoristas realizam cruzamentos, usualmente dialelos, a fim de avaliar os híbridos resultantes, a capacidade geral e específica de combinação.

Como estratégia para o estabelecimento de um programa de melhoramento genético pode-se utilizar a introdução de cultivares e híbridos de outro país (Cardoso; Souza Neto, 2016). Assim, esses materiais serão utilizados como germoplasma para a criação de novas cultivares. Portanto, pode-se realizar a avaliação de populações segregantes de cultivares comerciais e, posteriormente, a recombinação das melhores linhagens obtidas.

Dentre os métodos de melhoramento, a seleção massal baseia-se na seleção de plantas individuais a partir do seu desempenho fenotípico e posterior intercruzamento (Borém; Miranda; Fritsche-Neto, 2017). Embora seja um método pouco utilizado é recomendado no caso de melhoramento participativo. Já para a incorporação de uma característica, seja ela mono

ou oligogênica em uma linhagem adaptada, utiliza-se comumente o retrocruzamento (Cardoso; Souza Neto, 2016).

Um híbrido F_1 é vantajoso para o agricultor e consumidor, mas também para as empresas produtoras desses híbridos, que conseguem agregar valor as sementes (Nascimento; Pessoa; Silva, 2011). Importante salientar que a principal vantagem para as empresas é que os agricultores necessitam adquirir sementes a cada ciclo, pois a população segregante do primeiro cruzamento (exemplo: plantas F_1 x polinizadores) apresenta segregação para diversas características de interesse do mercado (Cardoso; Souza Neto, 2016). Assim, a abóbora tipo Tetsukabuto não produz sementes F_2 viáveis, porém, produz populações segregantes quando se tem um cruzamento adicional (Liu *et al.*, 2022; Zhang; Yu; Medina, 2012), como exemplo, quando se tem polinizadores na área.

Para o desenvolvimento de um novo híbrido, após a obtenção de linhagens de interesse e o intercruzamento entre as melhores, faz-se um esquema dialélico interpopulacional e, por fim, a avaliação dos híbridos resultantes. Essa avaliação é importante para definir aqueles híbridos que possuem características de interesse ao mercado. Para a obtenção das linhas iniciais pode-se utilizar o método genealógico e o *single seed descent* (SSD) (Cardoso; Souza Neto, 2016). O método genealógico permite a obtenção rápida das linhagens com alto nível de endogamia. Por isso, é o método mais utilizado pelas empresas privadas, embora seja trabalhoso. Logo, com a hibridação inicial entre parentais tem-se a população segregante, em que os indivíduos serão autofecundados durante vários ciclos de seleção, entre e dentro de progênies, visando a obtenção de boas características. Já o SSD também possibilita uma rápida obtenção das linhagens, porém, em um espaço menor quando comparado ao genealógico. O entrave desse método é não poder selecionar ao longo dos ciclos. Contudo, pode-se utilizar o genealógico e o SSD de forma alternada.

Por fim, uma ferramenta utilizada nos programas de melhoramento é a análise multivariada, pois proporciona o estudo simultâneo da diversidade genética da população em relação a um conjunto de caracteres. Os métodos de agrupamentos e dispersão são exemplos de técnicas multivariadas empregadas neste estudo (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2014). O método de agrupamento mais utilizado é o de grupo de pares não ponderados com média aritmética (UPGMA), que visa agrupar os genótipos de acordo com seus desempenhos similares (Nguyen *et al.*, 2020). Também pode-se citar como método dispersivo a Análise de Componentes Principais (PCA), que permite identificar a contribuição de cada característica no agrupamento dos genótipos (Gomes *et al.*, 2020). Esses métodos são complementares para analisar a diversidade genética, pois na PCA observa-se os grupos formados pelo dendrograma UPGMA

e infere-se as características responsáveis pelos agrupamentos (Abdein; Hassan; Dália, 2017). Na literatura há trabalhos utilizando a análise multivariada em abóboras (*C. moschata*) (Faustino *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2022), morangas (*C. maxima*) (Barboza *et al.*, 2023; Kulczyński; Gramza-Michałowska, 2019) e híbridos intraespecíficos de *C. moschata*, *C. maxima* e *C. pepo* e interespecíficos de *C. moschata* x *C. maxima* (Nguyen *et al.*, 2020).

REFERÊNCIAS

- ABDEIN, M. A. E.; HASSAN, H. M. F.; DALIA, H. M. General performance, combining abilities and heritability of yield and yield component traits in pumpkin (*Cucurbita moschata* Poir.) at different conditions. **Current Applied Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 121-129, 2017.
- ALENCAR, N. E.; FIGUEIRA, A. dos R.; SANTOS, H. O. dos; DUARTE, P. S. G. Image Analysis and Physiological Quality Assessment of Seeds Produced in Pumpkin Plants Infected with the *Squash Mosaic Virus* (SqMV). **Research Journal of Seed Science**, v. 9, p. 14-21, 2016.
- ALLES, S. P.; VARMA, S.; RESHMI, K. S.; ASWATHI, K.; MEGHA, P. P.; JASNA, T. V.; NIKHILA RESHMI, M. V.; SIBISHA, V. C. Effect of flower sex ratio on fruit set in pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Sci. Hortic.**, v. 246, p. 1005–1008, 2019.
- ALMEIDA, A. B. de; LIMA, T. M. de; OLIVEIRA FILHO, J. G. de; SANTANA, R. V.; LIMA, D. S.; MOREIRA, E. A.; EGEA, M. B. Relation between physicochemical characteristics and sensory profiles of cooked pumpkin varieties. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 31, n. 9, p. 697-707, 2019.
- AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; CARVALHO, A. D. F.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, N. J. **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida tipo japonesa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33886188.pdf>. Acesso em: 20 maio 2021.
- AMARO, G. B.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S.; CARVALHO, A. D. F.; LOPES, J. F. Desempenho agrônomico de híbridos experimentais de abóbora Tetsukabuto para características dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 180-185, 2017.
- AMARO, G. B.; RESENDE, F. V.; CARVALHO, A. D. F. de; BOTREL, N.; LOPES, J. F. **Desempenho de híbridos de abóbora japonesa no sistema orgânico**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2018. 22 p.
- BARBOZA, M.; LIMA, F. L. dos S.; RIBEIRO, R. M. P.; PEREIRA, C. C. A.; SANTOS, M. G. dos; SILVEIRA, F. P. da M.; NASCIMENTO, A. K. Q. do; PASSOS, A. B. R. de J.; CHAGAS, P. S. F. das; RIBEIRO, J. E. da S.; LIMA, J. V. L.; SANTOS JÚNIOR, J. T. dos; NUNES, G. H. de S.; SILVEIRA, L. M. da; BARROS JÚNIOR, A. P. Determination of Total Carotenoids and β -Carotene in Germplasm of Pumpkin Caboclo (*Cucurbita maxima*). **Agronomy**, v. 13, n. 4, 1109, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy13041109>
- BEE, R. A.; BARROS, A. C. S. A. Sementes de abóbora armazenadas em condições de vácuo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, p. 120-126, 1999.
- BELOTI, I. F.; MACIEL, G. M.; ALVES, I. M.; PEREIRA, L. M.; LEMES, E. M. Zucchini lineages with levels of resistance to ZYMV and SqMV viruses. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 15, n. 1, e10693, 2022.
- BISOGNIN, D. A. 2002. Origin and evolution of cultivated cucurbits. **Ciência Rural**, v. 32, p. 715-723, 2002.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2017. 543 p.

CAMPO & NEGÓCIOS. Panorama: Abóbora Tetsukabuto é destaque brasileiro. **Revista HF**, Uberlândia, ano V, n. 57, fev. 2010.

CARDOSO, A. I. I. Polinização manual em abobrinha: efeitos nas produções de frutos e de sementes. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 731-734, 2005.

CARDOSO, A. I. I.; SOUZA NETO, I. L.. Melhoramento de Abóbora, Abobrinha e Moranga. In: NICK, Carlos; BORÉM, Aluizio (Org.). **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2016. Cap. 2. p. 61-94.

CEAGESP. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Abóbora japonesa**. 2017. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/abobora-japonesa-2/>. Acesso em: 12 fev. 2024.

CEAGESP. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Abóbora japonesa é a dica da semana (12 a 16/06) na CEAGESP**. 2023. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/comunicacao/noticias/abobora-japonesa-dica-ceagesp/>. Acesso em: 23 julho 2023.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Mapeamento e qualificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil**. Brasília: CNA, 2017.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. **Crops: pumpkins, squash and gourds**. 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TC/visualize>. Acesso em: 09 mar. 2023.

FAUSTINO, R. M. E. B. **Predição de parâmetros genéticos e incremento da qualidade em frutos de progênies de aboboreira (*Cucurbita moschata* Duch.)**. 2017. 99 p. Tese (Doutorado Acadêmico em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2017.

FERREIRA, M. G.; ALVES, F. M.; SILVA, D. J. H. da; NICK, C. A cultura. In: NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e morangas do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. Cap. 1. p. 9-20.

FRANCO, M. **Abóboras: fitohormônio aumenta a produção**. Suplemento do Campo do Jornal de Brasília, ano 12, n. 594. 1999.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F. de; CHAGAS, R. R.; OLIVEIRA, R. L. de; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. da. 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, e0230546, 2020.

- GUERRA, A. M. N. de M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B. dos; RODRIGUES, I. J. da S. Control of weeds in the japanese pumpkin hybrids. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 7, n. 2, p. 27-33, 2020.
- HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. **Chave para identificação das espécies de abóboras (Cucurbita, Cucurbitaceae) cultivadas no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 31 p. 2007. (Documentos, 197).
- HORA, R. C.; CAMARGO, J.; BUZANINI, A. C. Cucurbitáceas e outras. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018. p. 71-111.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário: Abóbora, Moranga e Jerimum**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuaria.html?edicao=25757&t=resultados>. Acesso em: 23 jul. 2023.
- KARAAĞAÇ, O; BALKAYA, A. Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 9-12, 2013.
- KRISHNAMOORTHY, H. N. **Plant growthsubstances**. New Delhi: McGraw-Hill, 1981. 214 p.
- KULCZYŃSKI, B.; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A. The Profile of Carotenoids and Other Bioactive Molecules in Various Pumpkin Fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne) Cultivars. **Molecules**, v. 24 , 3212, 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules24183212>
- LAURINDO, R. D. F.; DELAZARI, F. T.; CARNEIRO, P. C. de S.; SILVA, J. H. Potencial de híbridos e populações segregantes de abóbora para teor de óleo nas sementes e plantas com crescimento tipo moita. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 64, n. 6, p. 582-591, nov./dez. 2017.
- LIMA, M. F.; ALVES, C. A. **Levantamento de vírus em Cucurbitáceas no Brasil, no período 2008-2010**. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011.
- LIMA, T. M. de; ALMEIDA, A. B. de; SANTANA, R. V.; ALVES, E. M.; EGEEA, M. B. Qualidade físico-química e tecnológica de híbrido experimental de abóbora cabotiá. **Vértices (Campos dos Goitacazes)**, v. 21, n. 2, 2019.
- LIMA, M. V.; OLIVEIRA, F. I. C. de; RAMOS, S. R. R.; FREITAS, B. M.; ARAGÃO, F. A. S. de. Fenologia da floração e biologia floral em cultivares de abóbora. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 53 , e20218013, 2022.
- LIU, Z.; JIANG, Y.; YANG, X.; DENG, X.; DANG, J.; WANG, Z.; YUSOP, M.R.; ABDULLAH, S. Characteristics of Interspecific Hybridization and Inbred Progeny of Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) and Winter Squash (*Cucurbita maxima* Duch.). **Horticulturae**, v. 8, n. 7, 596, 2022.

LOURENÇO JÚNIOR, C.; CUNHA, L. T. de. Controle alternativo de fungo oídio em pepino (*Cucumis sativus*) e desenvolvimento de fruto cultivado em vaso. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 1, n. 1, 2019.

LUENGO, R. F. A. Colheita, pós-colheita e comercialização. *In*: NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e morangas do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. Cap. 11. p. 190-203.

MAGALHÃES, C. G. **Produção e qualidade de abóbora híbrida Tetsukabuto submetida a diferentes aplicações de auxina sintética e adubação nitrogenada**. 2013. 46 p. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros, 2013.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Registro Nacional de Cultivares – RNC: *Cucurbita maxima* x *Cucurbita moschata***. 2024. Disponível em: http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 10 mar. 2024.

MIESLEROVÁ, B.; COOK, R. T. A.; WHEATER, C. P.; LEBEDA, A. Ecology of Powdery Mildews – Influence of Abiotic Factors on their Development and Epidemiology. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 41, n. 6, p. 365–390, 2022.

MIRANDA, F. F. R. de; NASCIMENTO, I. R. do; CHAVES, P. P. N.; MURAISHI, C. T.; DOURADO, D. P. Agronomic characteristics of pumpkin fruits of “Tetsukabuto” hybrid as a function of 2,4-D doses. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 4, p. 521-525, 2017.

NASCIMENTO W. M.; COIMBRA K. G.; FREITAS R. A.; BOITEUX L. S. Eficiência de acessos de *Cucurbita maxima* como polinizadores de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 540-542, 2008.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; SILVA, P. P. Produção de sementes híbridas de abóbora tipo Tetsukabuto. *In*: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 11., 2011, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/911280/4/palestra16CursoSementesHortaliCas11.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.

NGUYEN, N. N.; KIM, M.; JUNG, J. K.; SHIM, E. J.; CHUNG, S. M.; PARK, Y.; LEE, G. P.; SIM, S. C. Genome-wide SNP discovery and core marker sets for assessment of genetic variations in cultivated pumpkin (*Cucurbita* spp.). **Horticulture Research**, v. 7, 121, 2020.

NOMURA, M.; FRANCO, H. P; COSTA, E. M.; NUNES, B. de M.; ROCHA, E. M. F. Produção de frutos partenocárpicos de abóbora híbrida Tetsukabuto sob aplicação de 2,4-D. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 215-225, 2019.

OLIVEIRA, R. L. de; GOMES, R. S.; ALMEIDA, C. F. de; MACHADO JÚNIOR, R.; ROCHA, J. R. A. D. de C.; SILVA, D. J. H. da; CARNEIRO, P. C. S. Multitrait selection of pumpkin genotypes aimed at reducing the growth habit and improving seed production. **Crop Science**, v. 61, p. 1620–1629, 2021.

PAVAN, M. A.; SAKATE, R. K. Manejo de doenças. In: NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e morangas do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. Cap. 8. p. 133-151.

PEREIRA, A. M.; SILVA, G. D.; ALMEIDA, R. R. P.; 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. 38-43, 2012.

PETERSEN, J. D.; REINERS, S.; NAULT, B. A. Pollination services provided by bees in pumpkin fields supplemented with either *Apis mellifera* or *Bombus impatiens* or not supplemented. **PLoS One**, v. 8, e69819, 2013.

PRIORI, D.; BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; OLIVEIRA, A. C.; VILELA, J.C.B.; MISTURA, C.C. Diversidade genética de *Cucurbita pepo*, *C. argyrosperma* e *C. ficifolia* empregando marcadores microsatélites. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 361-368, 2013.

RESENDE, G. M. de; BORGES, R. M.; GONÇALVES, 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.

SINGH, D. Inheritance of certain economic characters in the squash, *Cucurbita maxima* Duch. **Minnesota Technical Bulletin**, v. 186, p. 1-30, 1949.

SINU, P. A.; SIBISHA, V. C.; NIKHILA RESHMI, M. V.; RESHMI, K. S.; JASNA, T. V.; ASWATHI, K.; MEGHA, P. P. Invasive ant (*Anoplolepis gracilipes*) disrupts pollination in pumpkin. **Biol. Invasions**, v. 19, p. 2599–2607, 2017.

SOUZA, T.; LIMA, M. F.; AMARO, G. B. Avaliação da incidência de cinco vírus em genótipos de abóboras e morangas (*Cucurbita* spp.), em experimento a campo. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA HORTALIÇAS, 3., 2013, Brasília. **Anais [...]** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 7 p.

URETSKY, J.; LOY, J. B. Evaluation of Morphological Traits Associated with Productivity in F₁ Interspecific (*Cucurbita maxima* Duch. x *C. moschata* Duch.) Hybrid Processing Squash. **Hortscience**, v. 52, n. 9, p. 1156–1163, 2017.

WITTWER, S. H. Vegetables. In: NICKELL, L. G. (Ed). **Plant growth regulating chemicals**. v. 2. Florida: CRC Press, p. 213-231, 1983.

YONGAN, C.; BINGKUI, Z.; ENHUI, Z.; ZUNLIAN, Z.. Germplasm innovation by interspecific crosses in pumpkin. **Cucurbit Genetics Cooperative Report**, v. 25, p. 56-57, 2002a.

YONGAN, C.; BINGKUI, Z.; ENHUI, Z.; ZUNLIAN, Z. Study on affinity of sexual hybridization between *Cucurbita maxima* D. and *Cucurbita moschata* D. **Cucurbit Genetics Cooperative Report**, v. 25, p. 54-55, 2002b.

ZHANG, Q.; 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.

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, 1101, 2015.

ZHOU, C. L.; LIU, W.; ZHAO, J.; YUAN, C.; SONG, Y.; CHEN D.; LI, Q. H. The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and physical chemical characteristics of Pumpkin (*Cucurbita maxima* Duch.) during refrigerated storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 21, p. 24-34, 2014.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1 DESEMPENHO DE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO VIA ABORDAGEM DE MODELOS MISTOS

RESUMO

A avaliação de híbridos de abóbora tipo Tetsukabuto é fundamental para verificar a performance de características agronômicas de interesse na cultura. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico de híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto quanto à produtividade e qualidade de frutos. O experimento foi realizado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) do Departamento de Agricultura da Escola de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Lavras (DAG/ESAL/UFLA). Os tratamentos consistiram de 21 híbridos experimentais interespecíficos (HE) e quatro híbridos comerciais (Nara, Takayama, Kanda e Jabras), utilizados como testemunhas. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições e seis plantas por parcela. Avaliou-se a produtividade total e comercial de frutos (PTF e PCF), massa média de fruto total e comercial (MMFT e MMFC), número de frutos totais e comerciais (NFT e NFC), espessura da polpa e da casca (EP e EC), diâmetro da cavidade interna do fruto (DCI), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), teor de sólidos solúveis (TSS), parâmetros colorimétricos L^*C^*h da casca e polpa, textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), uniformidade de frutos (UF), barriga branca (BB) e coloração da casca e polpa (CC e CP). Estimou-se a melhor predição linear não viesada (BLUP) por meio da máxima verossimilhança residual restrita (REML), além das variâncias genótípicas e residual. A análise de variância demonstrou que o efeito de genótipo foi significativo para as características MMFT, MMFC, EP, AF, TSS, TC, FF, TF, UF, BB e CC. Para o MMFT e TF, todos os híbridos de melhor desempenho foram os experimentais. Já para as demais características, houve híbridos experimentais semelhantes aos híbridos comerciais estudados. Concluiu-se que não há diferenças significativas entre os híbridos comerciais e experimentais para as características de produtividade total e comercial de frutos. Contudo, os híbridos experimentais HE-05, HE-07, HE-12 e HE-14 são potenciais para lançamento no mercado e/ou incorporação em novos programas de melhoramento genético, pois destacam-se simultaneamente quanto as características qualitativas de EP, TF e FF.

Palavras-chave: *Cucurbita* sp.; híbrido F₁; REML/BLUP; parâmetros agronômicos; qualidade de frutos; produtividade.

ABSTRACT

The evaluation of Tetsukabuto pumpkin hybrids is essential to verify the performance of agronomic characteristics of interest in the crop. Thus, the objective of this work was to evaluate the agronomic performance of experimental Tetsukabuto pumpkin hybrids in terms of productivity and fruit quality. The experiment was carried out at the Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) of the Departamento de Agricultura da Escola de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Lavras (DAG/ESAL/UFLA). The treatments consisted of 21 experimental interspecific hybrids (HE) and four commercial hybrids (Nara, Takayama, Kanda and Jabras), used as controls. The experimental design was randomized blocks, with three replications and six plants per plot. Total and commercial fruit productivity (PTF and PCF), average mass of total and commercial fruit (MMFT and MMFC), number of total and commercial fruits (NFT and NFC), pulp and peel thickness (EP and EC),

diameter of the internal cavity of the fruit (DCI), fruit height (AF), fruit diameter (DF), soluble solids content (TSS), colorimetric parameters L^*C^*h of the skin and pulp, skin texture (TC), pulp moisture (UP), fruit shape (FF), fruit size (TF), fruit uniformity (UF), white belly (BB) and skin and pulp color (CC and CP). The best unbiased linear prediction (BLUP) was estimated using restricted maximum residual likelihood (REML), in addition to genotypic and residual variances. Analysis of variance demonstrated that the genotype effect was significant for the traits MMFT, MMFC, EP, AF, TSS, TC, FF, TF, UF, BB and CC. For MMFT and TF, all the best performing hybrids were the experimental ones. As for the other characteristics, there were experimental hybrids similar to the commercial hybrids studied. It was concluded that there are no significant differences between commercial and experimental hybrids for total and commercial fruit productivity characteristics. However, the experimental hybrids HE-05, HE-07, HE-12 and HE-14 are potential for launch on the market and/or incorporation into new genetic improvement programs, as they simultaneously stand out in terms of the qualitative characteristics of EP, TF and FF.

Keywords: *Cucurbita* sp.; F₁ hybrid; REML/BLUP; agronomic parameters; fruit quality; productivity.

1 INTRODUÇÃO

As abóboras possuem grande importância socioeconômica, pois contribuem para a geração de empregos diretos e indiretos desde o cultivo até a comercialização dos frutos (Cardoso; Souza Neto, 2016). Dentre elas, a abóbora tipo Tetsukabuto é uma das mais importantes, sendo esta, o resultado da hibridação interespecífica entre as espécies *Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata* (Guerra *et al.*, 2020). Este híbrido tem grande aceitabilidade no mercado consumidor, consequência do seu sabor agradável, tempo prolongado de pós-colheita, além de sua composição nutricional, principalmente devido às vitaminas e aos carotenoides (Almeida *et al.*, 2019; Priori *et al.*, 2022).

A produção desse tipo de abóbora é expressiva no Brasil, especialmente nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, em que há grande produção e consumo (Priori *et al.*, 2018). No entanto, a maioria das sementes das cultivares utilizadas no Brasil são importadas, o que eleva o custo de produção (Amaro *et al.*, 2017). Assim, faz-se importante a implementação de programas de melhoramento genético no Brasil para reduzir a dependência externa por sementes (Nascimento; Pessoa; Silva, 2011).

Dentre os objetivos de um programa de melhoramento de abóboras híbridas, busca-se obter indivíduos superiores em relação à produtividade, uniformidade, padronização e qualidade dos frutos, resistência às pragas e doenças, teor de carotenoides na polpa e estabilidade de comportamento sob as diferentes condições ambientais (Amaro *et al.*, 2014;

Amaro *et al.*, 2017; Cardoso; Souza Neto, 2016; Laurindo *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2019; Nascimento *et al.*, 2008). Para isso, a avaliação do desempenho agrônômico de linhagens e híbridos são primordiais para iniciar um programa de melhoramento, bem como para o lançamento de híbridos potenciais (Amaro *et al.*, 2017). Destaca-se também que esses híbridos potenciais podem ser utilizados nos programas para selecionar as linhagens endogâmicas superiores em gerações segregantes avançadas (Abdein; Hassan; Dália, 2017).

Com a avaliação desses genótipos é possível identificar aqueles com alelos desejáveis para a maioria das características de interesse (Gomes *et al.*, 2020). Esta avaliação pode ser realizada de forma mais acurada por meio da abordagem de modelos mistos via *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP), cujo desempenho dos genótipos é predito por meio de seus valores genotípicos, especialmente sob condições de desbalanceamento experimental (Resende, 2016). Além de prever esses valores, comumente estima-se as variâncias associadas às características de interesse pelo método *Restricted maximum likelihood* (REML) (Ribeiro *et al.*, 2020). Diversos estudos tem sido realizados utilizando-se a metodologia REML/BLUP em abóboras (Barboza *et al.*, 2023; Gomes *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2021; Ribeiro *et al.*, 2020), contudo, são escassos estudos envolvendo a avaliação simultânea de caracteres quantitativos e qualitativos em híbridos tipo Tetsukabuto.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a performance agrônômica e identificar os híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto com maior produtividade e qualidade de frutos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e condições ambientais no experimento

O experimento foi realizado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) do Departamento de Agricultura da Escola de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Lavras (DAG/ESAL/UFLA), localizado na Fazenda Palmital, no município de Ijaci, Minas Gerais (altitude: 918 m; latitude: 21°14'16" S; longitude: 45°08'00" W), no período de 21 de dezembro de 2020 a 01 de junho de 2021. A classificação climática da região é tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão (Köppen, 1936).

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Como tratamentos foram utilizados 21 híbridos experimentais (HEs) interespecíficos (HE-01, HE-05, HE-07, HE-08, HE-09, HE-10, HE-11, HE-12, HE-14, HE-15, HE-16, HE-17, HE-18, HE-21, HE-22, HE-31A, HE-32, HE-35, HE-37A, HE-39 e HE-42) e quatro híbridos comerciais como testemunhas (Nara, Takayama, Kanda e Jabras). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições e seis plantas por parcela, totalizando 450 plantas. Houve desbalanceamento experimental, devido a limitação de sementes viáveis dos HEs.

Além dos tratamentos, foram utilizadas duas cultivares como polinizadoras visando garantir pólen às plantas F_1 , sendo elas a ‘Samantha’ (híbrido intraespecífico de *Cucurbita maxima*) e a ‘Moranga Exposição’ (variedade de *C. maxima* de polinização aberta). Em relação à disposição das abóboras polinizadoras no experimento, 18 plantas da cultivar ‘Samantha’ foram distribuídas dentro do delineamento experimental, ou seja, uma parcela por bloco, além de 11 plantas nas bordaduras. Já da ‘Moranga Exposição’ foram distribuídas 69 plantas nas bordaduras do experimento. Assim, totalizou-se 98 plantas polinizadoras, correspondendo a 21,78% do total de plantas dos tratamentos. O espaçamento entre plantas foi de 1,5 m e 3,0 m entre linhas. Logo, o experimento conteve 577 plantas, em uma área de 0,260 ha.

2.3 Produção de mudas e preparo dos canteiros

As mudas foram produzidas em bandejas de polipropileno de 162 células, e transplantadas em canteiros após 18 dias. O preparo da área, os tratos culturais e a irrigação foram realizados conforme a recomendação para a cultura (Nick; Borém, 2017). Realizou-se a adubação de plantio com 100 g planta⁻¹ de superfosfato simples e 150 g planta⁻¹ de NPK, formulação 04-14-08. Após o transplante das mudas, iniciou-se a fertirrigação com fosfato monoamônio, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ácido bórico, nos quais as quantidades foram ajustadas conforme as semanas de cultivo e a necessidade da cultura (Nick; Borém, 2017). A partir da terceira semana encerrou-se a aplicação de ácido bórico e incluiu-se a aplicação de fosfato monopotássico junto aos demais fertilizantes.

2.4 Colheita e avaliação dos frutos

As colheitas dos frutos foram realizadas após o completo desenvolvimento, ou seja, quando os pedúnculos começaram a secar, apresentando alteração da coloração de verde para aspecto corticoso (Amaro *et al.*, 2014). Foi considerado que os tratamentos avaliados apresentavam diferentes níveis de precocidade, com isso, as colheitas variaram para cada híbrido. Logo, as colheitas em número de três foram realizadas nos dias 22/04/2021, aos 105 dias após o transplântio (DAT), 14/05/2021, aos 127 DAT, e 01/06/2021, aos 145 DAT. Após a colheita, os frutos colhidos permaneceram por um período de sete dias em repouso para completar a maturação das sementes.

Em seguida foram realizadas avaliações agrônômicas dos frutos de cada parcela. Para isso, considerou-se que frutos comerciais foram aqueles que apresentaram formato redondo alto, com gomos suaves, coloração de casca verde escura, polpa alaranjada intensa, sem danos por rachaduras, queimaduras solares ou insetos, com presença de pedúnculo e massa de fruto superior a 1 kg. As características avaliadas foram:

- a) *Produtividade total de frutos* (PTF, em t ha⁻¹): aferiu-se a massa de todos os frutos e dividiu-se pela quantidade de frutos e, posteriormente, multiplicou-se pelo número de plantas equivalente a 1 ha (2.222 plantas);
- b) *Produtividade comercial de frutos* (PCF, em t ha⁻¹): realizou-se a mesma metodologia de PTF, porém, considerando apenas os frutos comerciais;
- c) *Massa média de fruto total* (MMFT, em kg fruto⁻¹): dividiu-se a produção total de frutos na parcela pelo número de frutos totais na parcela;
- d) *Massa média de fruto comercial* (MMFC, em kg fruto⁻¹): dividiu-se a produção comercial de frutos na parcela pelo número de frutos comerciais na parcela;
- e) *Número de frutos totais* (NFT, em unidades ha⁻¹): multiplicou-se a PTF por 1000 para transformar em PTF em kg ha⁻¹ e, depois dividiu-se pela MMFT;
- f) *Número de frutos comerciais* (NFC, em unidades ha⁻¹): multiplicou-se a PCF por 1000 para transformar em PCF em kg ha⁻¹ e, depois dividiu-se pela MMFC;
- g) *Espessura da polpa* (EP, em cm) e *espessura da casca* (EC, em mm): após o corte transversal de três frutos escolhidos aleatoriamente, mediu-se a espessura com o paquímetro e, em seguida fez-se a média dos frutos;
- h) *Diâmetro da cavidade interna do fruto* (DCI, em cm), *altura do fruto* (AF, em cm) e *diâmetro do fruto* (DF, em cm): obtidos pela medição, com fita métrica, nos mesmos frutos que avaliou-se EP e EC;

- i) *Teor de sólidos solúveis* (TSS, em °Brix): avaliou-se com o auxílio do refratômetro;
- j) *Análise colorimétrica de luminosidade, saturação e ângulo de tonalidade (L^*C^*h) da casca* (CascaL, CascaC e Cascah) e *da polpa* (PolpaL, PolpaC e Polpah): três frutos foram tirados aleatoriamente das parcelas e analisados por meio do colorímetro CR-400 Chroma (Konica Minolta Sensing) e, posteriormente, fez-se a média;
- Ainda avaliou-se as características qualitativas por meio de escalas de notas, após a visualização dos frutos colhidos, sendo:
- Textura da casca* (TC), em que 1= muito enrugada, 2= enrugada, 3= pouco enrugada, 4= levemente enrugada e 5= lisa (desejável) (adaptado de Miranda *et al.* (2017));
 - Umidade da polpa* (UP), em que 1= muito úmida, 2= úmida, 3= umidade média, 4= enxuta e 5= muito enxuta (desejável);
 - Formato de fruto* (FF), em que 1= muito chato, 2= chato, 3= redondo, 4= redondo achatado e 5= redondo alto (desejável);
 - Tamanho de fruto* (TF), em que 1= muito pequeno (diâmetro do fruto ≤ 10 cm), 2= pequeno (diâmetro do fruto 11 a 13 cm), 3= médio (diâmetro do fruto 14 a 17 cm), 4= bom (diâmetro do fruto 18 a 20 cm) e 5= muito bom (diâmetro do fruto 21 a 25 cm) (desejável);
 - Uniformidade de frutos* (UF), em que 1= muito ruim, 2= ruim, 3= média, 4= bom e 5= muito bom (desejável);
 - Barriga branca* (BB), em que 1= muito presente; 2= presente; 3= presença média; 4= pouco presente; 5= ausente (desejável);
 - Coloração da casca* (CC), em que 1= ruim (aspecto carijó), 2= regular, 3= verde médio, 4= verde escuro e 5= verde muito escuro (desejável);
 - Coloração da polpa* (CP), em que 1= ruim, 2= regular, 3= média, 4= alaranjada e 5= muito alaranjada (desejável).

2.5 Análise dos dados

Os dados das características quantitativas foram transformados para atender a distribuição normal e/ou melhorar a análise por meio da metodologia de Box e Cox (1964). Os lambdas (λ) das transformações foram: PTF ($\lambda = -0,812$), PCF ($\lambda = 0,805$), MMFT ($\lambda = 0,267$), MMFC ($\lambda = 0,941$), NFT ($\lambda = -0,482$), NFC ($\lambda = 0,859$), EP ($\lambda = 1,734$), EC ($\lambda = 0,603$), DCI ($\lambda = 3,822$), AF ($\lambda = 0,459$), DF ($\lambda = 4,727$), TSS ($\lambda = -2,786$), CascaL ($\lambda = -0,778$), CascaC ($\lambda = -$

1,892), Cascah ($\lambda= 5,795$), PolpaL ($\lambda= 0,442$), PolpaC ($\lambda= 1,071$) e Polpah ($\lambda= 3,761$). Já as características qualitativas não foram transformadas, sendo tratadas como ordinais.

Estimou-se a melhor predição linear não viesada (BLUP) por meio da máxima verossimilhança residual restrita (REML) (Henderson, 1984), conforme o modelo misto a seguir (Equação 1):

$$Y_{ij} = \mu + b_i + g_j + e_{ij} \quad (1)$$

Em que, Y_{ij} representa a variável aleatória em estudo, tomada no i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo; μ é a constante associada as observações; b_i = efeito fixo do bloco i ; g_j efeito aleatório do genótipo j ; e_{ij} é o efeito aleatório do erro experimental associado ao modelo.

Para cada característica agrônômica que apresentaram diferenças significativas para o efeito de genótipo, estimou-se a variância genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$) e a variância residual ($\hat{\sigma}_R^2$).

Para todas as características realizou-se o Teste da Razão de Verossimilhança (LRT) para verificar a existência de diferenças significativas para o efeito aleatório de genótipo. O modelo LRT utilizado para as características qualitativas foi o Logit Flexível. Além disso, estimou-se os coeficientes limiares das notas, para verificar a nota mais provável de cada híbrido com base em seu BLUP. Para todas as características quantitativas e qualitativas que apresentaram diferenças significativas para o efeito de genótipo, estimou-se os valores genotípicos.

A fim de calcular o valor genotípico dos materiais para as características agrônômicas que necessitaram de transformações foi utilizada a transformação inversa da fórmula de Box e Cox (1964) (Equação 2):

$$y = (1 + \lambda y^t)^{\frac{1}{\lambda}} \quad (2)$$

Em que, λ são as transformações paramétricas; e y^t é o vetor das observações transformadas.

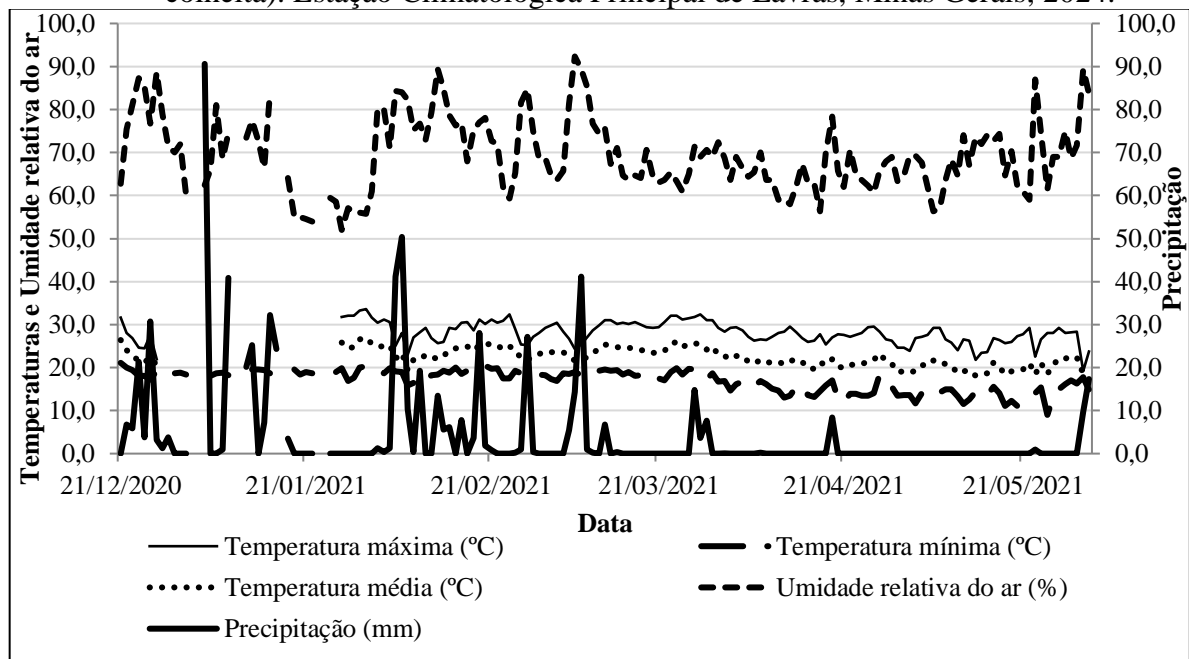
Os dados foram analisados utilizando-se o software estatístico R (R Core Team, 2022). Os modelos lineares mistos para as características quantitativas foram ajustados com a função *lmer* da biblioteca *lme4* (Bates *et al.*, 2015), já para as características qualitativas foram ajustados com a função *clmm* da biblioteca *ordinal* (Christensen, 2022). Os limites de confiança para “ λ ” na transformação Box-Cox foram avaliados com a função *boxcox* da biblioteca *MASS*

(Ripley *et al.*, 2022). Os gráficos foram produzidos por meio da biblioteca *ggplot2* (Wickham, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Estação Climatológica Principal de Lavras, localizada no Câmpus da UFLA (altitude: 918 m; latitude: 21°14' S; longitude: 45°00' W), a 18 km do CDTT, demonstrou que as condições durante o experimento foram temperatura máxima média de 23,8 °C, temperatura mínima média de 14,8 °C, temperatura média de 19,3 °C, umidade relativa do ar média de 83,67% e precipitação acumulada de 17,4 mm (Figura 1) (INMET, 2023).

Figura 1 - Temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação no período de 21 de dezembro de 2020 (semeadura) a 01 de junho de 2021 (última colheita). Estação Climatológica Principal de Lavras, Minas Gerais, 2024.



Legenda: dados nulos não mensurados pela Estação Climatológica Principal de Lavras não estão apresentados no gráfico.

Fonte: Da autora (2024).

Conforme os resultados da análise de variância, o efeito de genótipo foi significativo para as variáveis MMFT, MMFC, EP, AF, TSS, TC, FF, TF, UF, BB e CC (Tabela 1). Isso indica que há híbridos superiores em relação a este conjunto de variáveis. Com isso, essas características foram consideradas importantes para identificar os híbridos com melhores desempenhos. Estes resultados corroboram com o verificado por Amaro *et al.* (2017) e Miranda *et al.* (2017), os quais também encontraram diferenças significativas para características

quantitativas e qualitativas, como MMFT, AF, TSS, EP e TC. Isso demonstra que comumente encontra-se variabilidade genética associada a híbridos tipo Tetsukabuto.

Tabela 1 - Análise de variância para os efeitos de genótipos e blocos, coeficientes de variância genotípica ($\hat{\sigma}_G^2$), coeficientes de variância residual ($\hat{\sigma}_R^2$) e médias agronômicas para as características avaliadas em híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto. UFLA, Lavras, MG, 2024.

Característica	Genótipo	Bloco	$\hat{\sigma}_G^2$	$\hat{\sigma}_R^2$	Média agronômica
	<i>p-value</i>				
Produtividade total de frutos (PTF)	0,543 ^{ns}	0,473 ^{ns}	0,67	7,88	9,54 t ha ⁻¹
Produtividade comercial de frutos (PCF)	0,822 ^{ns}	0,883 ^{ns}	0,15	4,99	6,75 t ha ⁻¹
Massa média de fruto total (MMFT)	0,039*	0,059 ^{ns}	0,02	0,06	1,68 kg fruto ⁻¹
Massa média de fruto comercial (MMFC)	0,020*	0,570 ^{ns}	0,03	0,06	2,03 kg fruto ⁻¹
Número de frutos totais (NFT)	0,376 ^{ns}	0,152 ^{ns}	5,69e ⁵	4,40e ⁶	5678,57 frutos ha ⁻¹
Número de frutos comerciais (NFC)	0,075 ^{ns}	0,867 ^{ns}	4,33e ⁵	1,41e ⁶	3325,12 frutos ha ⁻¹
Espessura da polpa (EP)	0,020*	0,387 ^{ns}	0,11	0,21	2,91 cm
Espessura da casca (EC)	0,731 ^{ns}	0,637 ^{ns}	0,11	2,34	4,12 mm
Diâmetro da cavidade interna (DCI)	1,000 ^{ns}	0,476 ^{ns}	0,00	1,06	10,73 cm
Altura do fruto (AF)	<0,000***	0,361 ^{ns}	0,81	0,81	14,92 cm
Diâmetro do fruto (DF)	0,290 ^{ns}	0,324 ^{ns}	0,32	1,82	18,13 cm
Teor de sólidos solúveis (TSS)	0,021*	0,208 ^{ns}	0,82	1,68	17,34 °Brix
Textura da casca (TC)	<0,000***	0,006**	3,89	1,00	Nota 3,15
Umidade da polpa (UP)	0,054 ^{ns}	0,107 ^{ns}	1,93	1,00	Nota 4,92
Formato de fruto (FF)	0,004**	0,016*	0,73	1,00	Nota 3,68
Tamanho de fruto (TF)	<0,000***	0,805 ^{ns}	2,78	1,00	Nota 4,17
Uniformidade de frutos (UF)	0,004**	0,556 ^{ns}	0,97	1,00	Nota 4,32
Barriga branca (BB)	0,001**	0,865 ^{ns}	1,53	1,00	Nota 2,62
Coloração da casca (CC)	<0,000***	0,310 ^{ns}	3,73	1,00	Nota 4,81
Coloração da polpa (CP)	0,130 ^{ns}	0,128 ^{ns}	0,12	1,00	Nota 4,45

P-value: ***Significativo para $P \leq 0,001$; **significativo para $P \leq 0,01$; *significativo para $P \leq 0,05$; ^{ns}não significativo.

Fonte: Da autora (2024).

Apesar dos genótipos apresentarem diferenças significativas para a CC por meio das notas dos avaliadores (Tabela 1), os parâmetros colorimétricos L^*C^*h da casca não diferiram entre os genótipos (Tabela 2). Contudo, apesar de significativas, a distribuição das notas foi de 16,00% de notas 4 (verde escuro) e 84,00% de notas 5 (verde bem escuro). Além disso, é importante destacar que as notas dos avaliadores são muito influenciadas pela uniformidade da coloração geral do fruto, ao contrário do colorímetro, que realiza leituras pontuais dos parâmetros L^*C^*h . Com isso, é possível ocorrer divergências entre as notas de avaliadores e os padrões. Todavia, apesar de o colorímetro apontar uma maior precisão na identificação das cores, é importante destacar que a avaliação por notas de CC é mais precisa em representar a coloração dos frutos percebida pelo consumidor, devendo ser priorizada. Por outro lado, o uso

do colorímetro pode ser uma ferramenta complementar eficiente em programas de melhoramento genético da cultura.

Tabela 2 – Descrição da caracterização fenotípica dos híbridos experimentais e comerciais tipo Tetsukabuto avaliados quanto aos parâmetros colorimétricos de luminosidade, saturação e ângulo de tonalidade (L^*C^*h) para casca e polpa, a nota média entre os avaliadores (N), sua cor correspondente e significância do efeito de genótipo, ordenados pelo ângulo de tonalidade (h). UFLA, Lavras, MG, 2024

Casca						Polpa					
Genótipo	N	L	C	h	Cor	Genótipo	N	L	C	H	Cor
TAKAYAMA	4	28,57	12,82	88,07		HE-08	5	52,88	72,75	73,28	
HE-31A	5	24,20	12,03	87,59		HE-39	5	53,48	71,96	72,76	
HE-39	5	25,29	14,97	87,26		TAKAYAMA	4	55,74	69,92	72,74	
HE-37A	5	26,57	15,13	86,65		HE-31A	5	55,89	72,37	72,41	
HE-14	5	26,69	13,14	85,91		HE-22	4	54,34	71,93	72,29	
HE-15	5	24,98	12,37	85,82		HE-15	5	53,63	72,52	71,99	
HE-22	4	25,97	17,49	85,62		HE-14	4	53,07	74,18	71,86	
HE-42	5	25,61	12,83	85,51		HE-42	4	55,27	73,10	71,78	
HE-32	5	28,44	14,18	84,62		HE-12	4	55,03	74,88	71,68	
HE-35	5	30,94	18,37	84,46		HE-09	5	55,28	72,65	71,63	
JABRAS	5	27,09	17,02	84,20		HE-11	5	52,71	71,78	71,57	
HE-09	5	24,40	10,43	83,63		HE-21	5	53,34	73,80	71,41	
HE-01	4	27,94	13,51	83,59		HE-37A	5	56,16	73,43	71,40	
HE-11	5	27,74	14,16	83,56		HE-10	5	53,45	72,95	71,38	
HE-08	5	26,75	14,03	83,28		HE-18	5	54,57	76,58	71,33	
HE-16	5	26,94	12,90	83,14		JABRAS	4	56,03	73,90	71,31	
HE-17	5	25,54	13,79	82,70		KANDA	5	56,99	74,66	71,22	
HE-12	4	28,37	15,47	82,58		HE-32	4	54,77	67,18	70,93	
HE-10	5	23,25	11,02	82,42		HE-05	4	56,38	75,82	70,57	
KANDA	5	26,12	15,07	82,27		HE-07	4	55,97	73,82	70,52	
NARA	5	26,56	12,82	81,50		HE-35	4	58,51	73,28	70,46	
HE-05	5	27,83	10,92	81,28		HE-16	5	54,41	74,89	70,27	
HE-21	5	25,27	11,58	80,87		HE-01	4	55,68	72,41	68,83	
HE-07	5	26,77	13,18	78,79		HE-17	5	56,44	75,86	68,46	
HE-18	5	29,18	17,53	78,76		NARA	5	57,70	74,59	67,36	
<i>p-value</i>		1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,13 ^{ns}				0,40 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,29 ^{ns}	

Fonte: Da autora (2024).

Já em relação à CP, tanto a avaliação por escala de notas quanto por parâmetros colorimétricos não apresentaram diferenças significativas entre os genótipos (Tabela 2). Com isso, ambas as formas de mensuração podem ser adotadas de maneira eficaz. Contudo, destaca-se que o uso de escala de notas permite maior agilidade na avaliação. Outra observação

importante é que todos os híbridos experimentais e testemunhas apresentaram colorações de casca e polpa ideais à comercialização, ou seja, cascas escuras e polpas alaranjadas intensas.

Segundo Foo *et al.* (2017), a coloração dos frutos é muito importante para a venda de frutos, visto que influencia significativamente na intenção de compra, pelo fato de ser a primeira característica visualizada. Além disso, um estudo desenvolvido por Ribeiro *et al.* (2020) demonstrou que o uso de escalas de notas para verificação da intensidade de cor da polpa e do colorímetro para determinação do ângulo h° são bons indicadores dos teores de carotenoides totais. Isto reforça a relevância do uso destas estratégias na seleção indireta de híbridos visando adequada coloração de frutos e alto teor de carotenoides.

Os valores genotípicos preditos de BLUP para os genótipos em cada característica e os erros-padrão associados a esses valores estão expressos na Tabela 3. Nesta tabela também são verificadas a média dos genótipos para as características avaliadas e os coeficientes limiares referentes às características qualitativas. Esses coeficientes indicam os intervalos de BLUP em que as notas se alteram, permitindo assim, verificar pelo BLUP, a nota mais provável obtida pelos genótipos. Os gráficos de lagarta para cada característica demonstram os genótipos de forma ordenada pelos BLUPs (Figuras 2 e 3).

A média do MMFT foi de $1,68 \text{ kg fruto}^{-1}$, sendo que os valores de BLUP variaram entre $-0,18$ (HE-05) e $0,17$ (HE-14). Isto aponta que os genótipos apresentaram valores estimados, considerando a somatória da média aos valores preditos de BLUP, entre $1,50$ a $1,85 \text{ kg fruto}^{-1}$ (Tabela 3). Dentre os genótipos avaliados, 14 possuem estimativas BLUP acima da média, sendo todos híbridos experimentais (Figura 2). Já os híbridos comerciais foram inferiores à média, indicando que há genótipos experimentais superiores para o MMFT.

Os valores de BLUP para a característica MMFC variaram de $-0,33$ (Nara) a $0,22$ (HE-12), com desempenho médio dos genótipos igual a $2,03 \text{ kg fruto}^{-1}$ (Tabela 3). Com isso, os valores estimados de MMFC dos genótipos foram entre $1,71$ e $2,25 \text{ kg fruto}^{-1}$. Do total de híbridos, 12 híbridos experimentais e duas testemunhas (Jabras e Takayama) obtiveram desempenho superior a média da característica (Figura 2). É importante ressaltar que o híbrido Nara apresentou frutos menores do que os híbridos líderes de mercado (Takayama e Kanda) e, por essa razão, a cultivar Nara não possui grande aceitabilidade no mercado. Contudo, a PTF e a PCF não diferiram significativamente entre os genótipos (Tabela 1).

Observou-se ainda que a diferença entre as médias de MMFT e MMFC foi de 350 gramas (Tabela 3). Miranda *et al.* (2017) encontraram MMFT do híbrido comercial Kyoto de $2,18 \text{ kg fruto}^{-1}$. Resultado semelhante foi encontrado por Amaro *et al.* (2017) com MMFT de $2,11 \text{ kg fruto}^{-1}$ para híbridos experimentais, com variação de $1,06$ a $3,16 \text{ kg fruto}^{-1}$, e de $1,46$

kg fruto⁻¹ para o híbrido Jabras. Já na presente pesquisa, a cultivar Jabras apresentou desempenho superior, com 1,65 kg fruto⁻¹ de MMFT e 2,05 kg fruto⁻¹ de MMFC. É importante salientar, que apesar de os híbridos experimentais apresentarem MMFT inferiores aos verificados por Amaro *et al.* (2017), com redução média de 0,43 kg fruto⁻¹, diversos híbridos experimentais avaliados nesta pesquisa apresentaram desempenho superior às testemunhas comerciais testadas.

Tabela 3 – Valores preditos de BLUP, erros-padrão associados as predições e as médias para as características agrônômicas de massa média de fruto total (MMFT), massa média de fruto comercial (MMFC), espessura da polpa (EP), altura do fruto (AF), teor de sólidos solúveis (TSS), textura da casca (TC), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), uniformidade de frutos (UF), barriga branca (BB) e coloração da casca (CC) avaliadas em híbridos de abóbora tipo Tetsukabuto, além dos coeficientes limiares das notas. UFLA, Lavras, MG, 2024.

Genótipo	MMFT	MMFC	EP	AF	TSS	TC	FF	TF	UF	BB	CC
	<i>Kg</i>		<i>Cm</i>		<i>°Brix</i>				<i>Nota</i>		
HE-01	0,03	0,07	0,00	0,76	-1,51	0,33	0,95	-0,63	-0,60	0,75	-3,25
HE-05	-0,18	-0,02	0,11	-0,43	0,51	-2,08	0,11	1,75	0,91	-0,31	-0,83
HE-07	-0,02	0,06	0,03	-0,34	0,06	-2,13	0,11	2,32	0,35	-0,14	0,68
HE-08	0,08	0,02	-0,09	-0,24	0,07	-1,16	-0,38	1,07	1,11	-2,77	0,54
HE-09	0,03	-0,04	-0,14	-0,08	-0,40	0,52	0,29	0,29	-0,82	0,05	0,54
HE-10	0,04	0,03	-0,02	0,15	0,66	1,18	-0,38	0,29	-0,55	-0,41	0,54
HE-11	-0,17	-0,12	0,13	-0,85	-0,50	-1,62	-0,12	0,67	0,17	0,06	0,68
HE-12	0,16	0,22	0,58	1,11	-0,37	-0,66	0,80	0,29	-0,39	-0,75	-2,35
HE-14	0,18	0,09	0,11	0,97	-0,30	0,82	0,93	0,05	0,17	-0,69	-1,67
HE-15	0,03	0,07	-0,23	0,04	0,27	-0,73	0,47	-0,67	-0,96	0,44	0,68
HE-16	-0,05	0,00	0,09	-0,56	-0,17	-0,77	-0,39	3,01	0,91	0,36	0,68
HE-17	0,15	0,12	-0,08	-0,81	-0,46	-3,26	0,20	1,75	0,18	-0,30	0,68
HE-18	-0,07	0,10	0,27	0,89	0,12	-0,37	-1,04	1,22	-0,65	0,04	0,68
HE-21	-0,04	-0,05	0,03	-0,30	1,02	-0,89	-1,04	-0,63	0,18	0,03	0,68
HE-22	0,12	0,07	-0,18	0,12	0,37	1,26	-0,03	0,16	0,91	0,35	-2,80
HE-31A	-0,14	-0,28	-0,11	-0,43	-0,39	0,90	-0,39	-0,67	0,17	0,03	0,68
HE-32	0,03	-0,02	-0,37	-1,02	-0,77	0,90	0,48	-0,69	-0,12	1,32	-0,83
HE-35	0,10	-0,09	0,12	-0,02	0,47	-1,16	-0,56	-0,62	-0,19	-0,94	-1,14
HE-37A	0,01	-0,06	-0,04	0,21	0,68	0,90	-0,35	-0,67	0,01	-0,31	0,68
HE-39	0,14	0,01	0,42	-0,47	-0,16	2,41	-0,54	0,04	0,52	0,22	0,68
HE-42	0,07	0,17	-0,16	-0,09	-0,68	0,90	-0,03	0,05	-1,22	-1,56	-0,86
JABRAS	-0,03	0,02	-0,59	0,03	-0,61	-0,87	-0,69	-2,12	-1,98	2,85	-0,94
KANDA	-0,13	-0,08	-0,12	0,57	1,43	-1,35	1,13	-0,67	0,91	1,53	0,68
NARA	-0,17	-0,33	-0,11	-1,39	-0,42	5,97	0,59	-4,13	0,54	0,76	0,68
TAKAYAMA	-0,15	0,02	0,36	2,15	1,08	0,76	0,36	-0,53	-0,06	0,00	-2,97
Variação do erro-padrão	0,11 a	0,11 a	0,21 a	0,45 a	0,58 a	0,50 a	0,26 a	0,48 a	0,34 a	0,36 a	0,50 a
Média	0,12	0,12	0,23	0,52	0,74	0,82	0,49	1,03	0,54	0,82	2,47
Coeficientes Limiares¹ (notas)					1 2	-6,46	-	-	-	-3,50	-
					2 3	-1,76	-	-6,85	-4,89	0,42	-
					3 4	0,86	-0,19	-3,57	-2,25	2,02	-5,19
					4 5	4,79	1,24	1,31	-0,00	4,34	-3,44

¹Os coeficientes limiares indicam os intervalos de BLUP em que as notas se alteram.

Fonte: Da autora (2024).

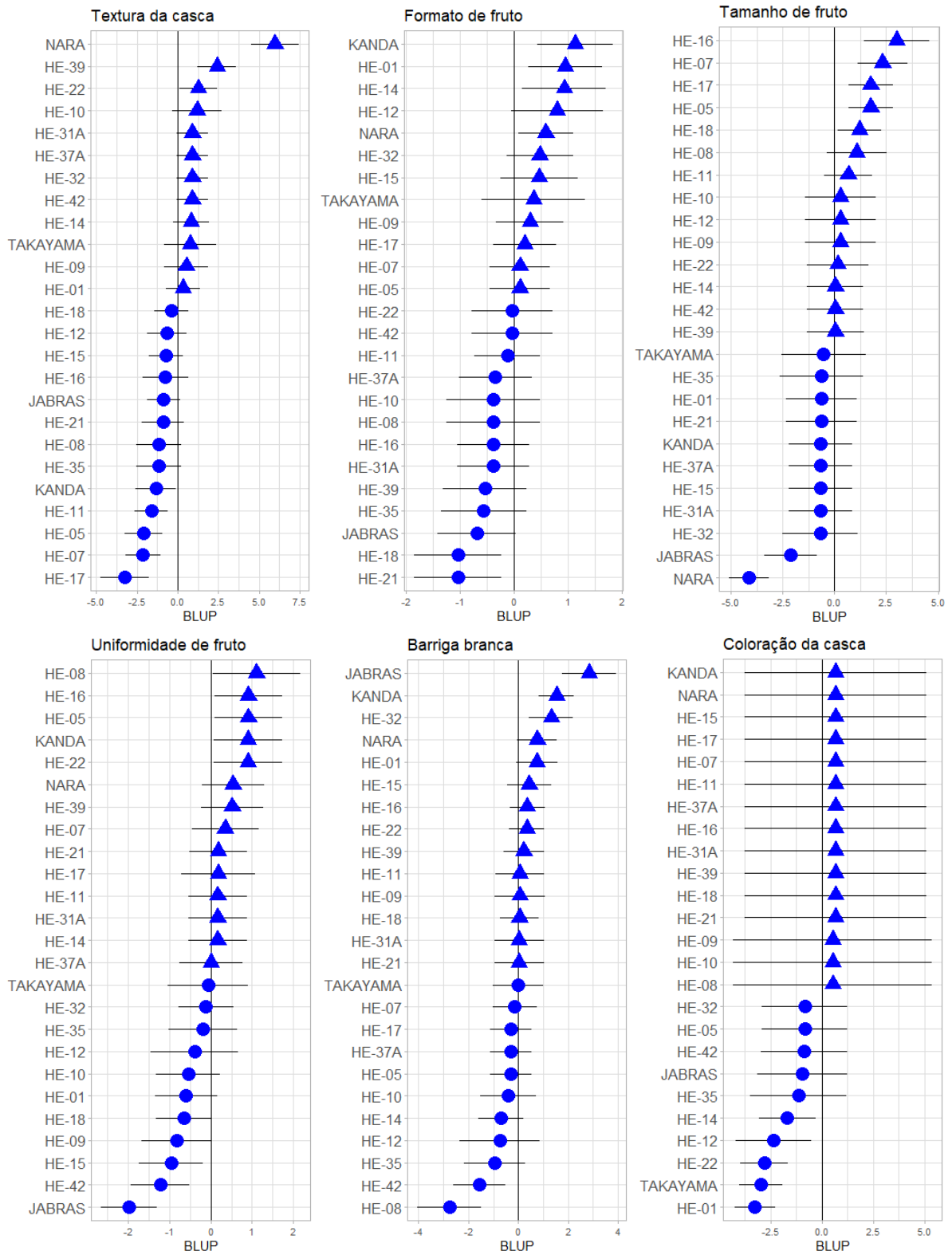
A EP média foi de 2,91 cm, com variação dos valores de BLUP entre -0,59 (Jabras) e 0,58 (HE-12), correspondendo às estimativas de espessuras de 2,32 e 3,49 cm, respectivamente (Tabela 3). Entre os híbridos, 12 alcançaram valores de EP superior à média daqueles avaliados, incluindo a cultivar comercial Takayama (Figura 2). O estudo de Laurindo *et al.* (2017) apresentou valores de EP média em híbridos intraespecíficos de abóbora (*C. moschata*) de 2,21 cm. Já Amaro *et al.* (2017) avaliando híbridos interespecíficos de abóbora tipo Testsukabuto encontraram média de 2,71 cm. Assim, estes autores encontraram valores de EP inferiores ao observado neste presente estudo. Laurindo *et al.* (2017) e Oliveira *et al.* (2021) relataram que quanto maior a espessura da polpa, menor é a cavidade interna do fruto e a produção de sementes. Assim, para o híbrido Tetsukabuto, a EP deve ser consideravelmente elevada, pois garante maior aproveitamento do fruto (Amaro *et al.*, 2017).

A AF apresentou valores de BLUP entre -1,39 (Nara) e 2,15 (Takayama) (Tabela 3). A média dos híbridos foi de 14,92 cm, sendo que o híbrido comercial Nara apresentou 13,53 cm e a Takayama 17,07 cm. Onze híbridos foram superiores à média, sendo que além da Takayama, a Kanda e a Jabras também tiveram altura de fruto acima da média (Figura 2). O híbrido Jabras apresentou 14,95 cm, semelhante ao observado por Amaro *et al.* (2017) com 14,33 cm. Assim, como encontrado por esses autores, há híbridos experimentais com AF superior a Jabras. Os frutos mais altos são desejáveis, visto que o FF desejável neste programa de melhoramento é o redondo alto.

O TSS médio foi de 17,34 °Brix, enquanto os valores de BLUP variaram de -1,51 (HE-01) a 1,43 (Kanda) (Tabela 3). As estimativas de TSS variaram de 15,83 a 18,77 °Brix. Conforme Santos *et al.* (2012), teores iguais ou maiores que 17 °Brix indicam alta qualidade dos frutos de abóbora. Embora 10 híbridos experimentais encontrem-se acima da média, estes não foram superiores aos híbridos comerciais Kanda e Takayama (Figura 3).

Para as características qualitativas, a nota média de TC foi 3,15, indicando que os frutos apresentaram uma textura de casca pouco enrugada (Tabela 3). Os valores de BLUP corresponderam de -3,26 (HE-17) a 5,97 (Nara). Conforme os coeficientes limiares, o híbrido experimental HE-17 apresentou nota mais provável 2 (textura enrugada) e a Nara nota 5 (textura lisa). Além da Nara, a Takayama e 10 híbridos experimentais se apresentaram acima da média (nota >3) (Figura 3). A casca lisa é desejável, pois possui melhor aparência, além de facilitar a retirada da casca durante o preparo do alimento, podendo ainda reduzir perdas de polpa.

Figura 3 – Valores preditos de BLUP para as características qualitativas de textura da casca, formato, tamanho e uniformidade de fruto, barriga branca e coloração da casca avaliadas em híbridos de abóbora tipo Tetsukabuto. UFLA, Lavras, MG, 2024.



Legenda: ▲ indicam os valores preditos de BLUP acima de 0, enquanto ● indicam os valores preditos de BLUP abaixo de 0.

Fonte: Da autora (2024).

O FF médio correspondeu a nota 3,68, tendendo ao formato redondo achatado (Tabela 3). Os valores de BLUP foram de -1,04 (HE-18) a 1,13 (Kanda). Estes valores correspondem às notas mais prováveis de 3 (formato redondo) e 4 (formato redondo achatado), respectivamente. Doze híbridos apresentaram desempenho acima da média para essa característica, incluindo as cultivares Kanda e Takayama (Figura 4). Desta forma, foi possível observar que não houve híbridos com predominância de frutos redondo altos, o que seria de maior interesse. De acordo com Cardoso e Souza Neto (2016), além da coloração do fruto, o formato e o tamanho são decisivos para a aquisição do produto pelo consumidor.

A característica TF apresentou valores de BLUP entre -4,13 (Nara) e 3,01 (HE-16) (Tabela 3). Dessa forma, as notas mais prováveis variaram de 3 (tamanho médio) a 5 (tamanho muito bom), sendo que a nota média foi de 4,17, referindo-se a frutos com tamanhos bons. Quatorze híbridos experimentais encontraram-se acima da média, enquanto os híbridos comerciais obtiveram desempenho abaixo da média (Figura 4). Os frutos de tamanho grande (nota 5) ainda são a preferência das empresas que criam os híbridos e dos produtores de abóbora tipo Tetsukabuto. Contudo, a pesquisa de Almeida *et al.* (2019) demonstrou que 96,10% dos participantes preferiram as abóboras com massa de 1,0 (tamanho pequeno) a 1,5 kg fruto⁻¹ (tamanho médio). Segundo esses autores, o motivo pela preferência é o pensamento sobre uma economia alimentar sustentável, a fim de evitar possíveis desperdícios de alimento. Assim, os híbridos de tamanho médio encontrados neste trabalho podem ser lançados visando atender este público. Porém, na comercialização, os produtores e os atravessadores consideram a massa de frutos, sendo que os maiores são os mais rentáveis e, assim, prevalecem no mercado.

Verificou-se que o ordenamento dos híbridos (ordem decrescente dos valores de BLUP) para TF é distinto do ordenamento de MMFT. Isso decorre de pequenas diferenças associadas aos valores de massa, as quais podem influenciar na alteração desse ordenamento. Já as notas de TF apresentaram curta variação, sendo apenas as notas 3, 4 e 5 (Figuras 2 e 3).

A UF média foi de 4,32, indicando que os frutos da parcela apresentaram boa uniformidade (Tabela 3). Os valores de BLUP variaram de -1,98 (Jabras) a 1,11 (HE-08), sendo notas 4 (boa uniformidade) e 5 (uniformidade muito boa), respectivamente. Os híbridos comerciais Nara e Kanda, além de 12 híbridos experimentais, estão alocados acima da média para essa característica (Figura 4). A uniformidade do fruto é relevante, pois reflete na padronização do tamanho de frutos. Logo, quando há frutos mais uniformes reduz-se o número de frutos fora do tamanho ideal e, assim, não acarreta em redução do lucro. Isso porque, conforme os valores de comercialização praticados pelo CEAGESP (2024), em 08 de março de

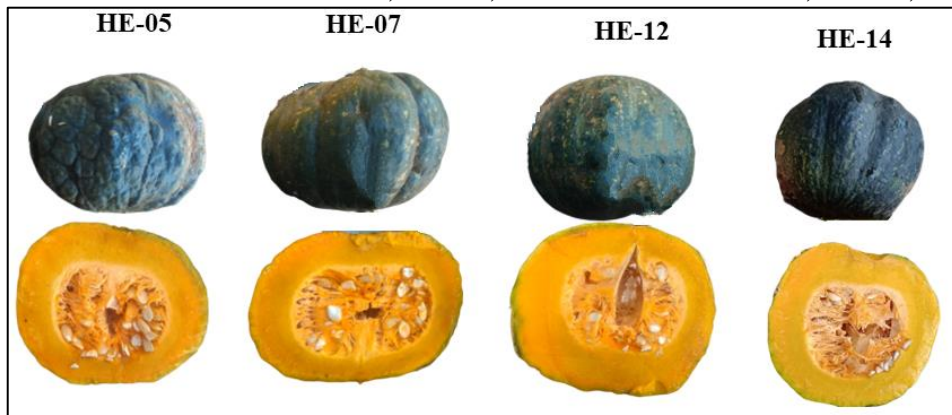
2024, frutos menores (1 kg fruto⁻¹) apresentaram valores de mercado reduzido (R\$ 3,27 kg⁻¹) quando comparado a frutos maiores (2 kg) que apresentaram maiores valores (R\$ 3,74 kg⁻¹).

A BB apresentou uma variação de BLUP entre -2,77 (HE-08) e 2,85 (Jabras), correspondendo as notas mais prováveis de 2 (presente) e 4 (pouco presente), respectivamente (Tabela 3). A média foi de 2,62, tendendo a uma presença mediana de BB. Quatorze híbridos, incluindo Nara, Kanda e Jabras, obtiveram valores genotípicos acima da média (Figura 4). Essa característica corresponde a uma mancha resultante da ausência de pigmentação da parte do fruto que permanece em contato com o solo e, por isso, não recebe radiação solar (Nick; Borém, 2017). Com isso, híbridos com ausência ou redução de BB são ideais, visto que segundo Nick e Borém (2017) o revolvimento de frutos pode ser oneroso, sendo então, pouco usual. Esses autores relatam que o mercado não demonstra tamanha exigência sob a ausência de BB, contudo, o fruto torna-se aparentemente mais apreciável.

A característica CC média foi de 4,81, indicando ser uma coloração bem escura. Os valores de BLUP variaram de -3,25 (HE-01) a 0,68 (Kanda), e apresentaram desempenho semelhantes (notas próximas a 5), sendo próximo a coloração verde muito escuro (Tabela 3). Os híbridos Nara, Kanda e treze híbridos experimentais foram superiores à média (Figura 4). A coloração bem escura é característica desse tipo de híbrido, sendo então priorizadas nos programas de melhoramento genético.

Considerando que todos os genótipos experimentais foram produtivos e, conseqüentemente, não apresentaram diferenças significativas para PFT e PFC, evidencia-se que os melhores genótipos quanto ao desempenho agrônômico podem ser definidos pelas suas características qualitativas. Considerando que a EP, o TF e o FF são as características de maior relevância após as características de produtividade, os híbridos experimentais que apresentaram valores de BLUP acima da média, simultaneamente para essas características, foram HE-05, HE-07, HE-12 e HE-14 (Tabela 3, Figuras 3 e 4). Estes ainda foram superiores quanto a UF (HE-05, HE-07 e HE-14), TC (HE-14) e CC (HE-07).

Figura 4 – Frutos dos híbridos HE-05, HE-07, HE-12 e HE-14. UFLA, Lavras, MG, 2024.



Fonte: Da autora (2024).

4 CONCLUSÕES

Não há diferenças significativas entre os híbridos comerciais e experimentais para as características de produtividade total e comercial de frutos.

Os híbridos experimentais HE-05, HE-07, HE-12 e HE-14 são potenciais para lançamento no mercado e/ou incorporação em novos programas de melhoramento genético. Estes híbridos destacam-se simultaneamente quanto as características qualitativas de espessura da polpa, tamanho e formato do fruto.

REFERÊNCIAS

- ABDEIN, M. A. E.; HASSAN, H. M. F.; DALIA, H. M. General performance, combining abilities and heritability of yield and yield component traits in pumpkin (*Cucurbita moschata* Poir.) at different conditions. **Current Applied Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 121-129, 2017.
- ALMEIDA, A. B. de; LIMA, T. M. de; OLIVEIRA FILHO, J. G. de; SANTANA, R. V.; LIMA, D. S.; MOREIRA, E. A.; EGEA, M. B. Relation Between Physicochemical Characteristics and Sensory Profiles of Cooked Pumpkin Varieties. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 31, n. 9, p. 697-707, 2019.
- AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; CARVALHO, A. D. F.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, N. J. **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida tipo japonesa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33886188.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- AMARO, G. B.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S.; CARVALHO, A. D. F.; LOPES, J. F. Desempenho agrônomico de híbridos experimentais de abóbora Tetsukabuto para características dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 180-185, 2017.
- BARBOZA, M.; LIMA, F. L. dos S.; RIBEIRO, R. M. P.; PEREIRA, C. C. A.; SANTOS, M. G. dos; SILVEIRA, F. P. da M.; NASCIMENTO, A. K. Q. do; PASSOS, A. B. R. de J.; CHAGAS, P. S. F. das; RIBEIRO, J. E. da S.; LIMA, J. V. L.; SANTOS JÚNIOR, J. T. dos; NUNES, G. H. de S.; SILVEIRA, L. M. da; BARROS JÚNIOR, A. P. Determination of Total Carotenoids and β -Carotene in Germplasm of Pumpkin Caboclo (*Cucurbita maxima*). **Agronomy**, v. 13, n. 4, 1109, 2023.
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, p. 1-48, 2015.
- BOX, G.; COX, D. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 26, p. 211-243, 1964.
- CARDOSO, A. I. I.; SOUZA NETO, I. L. Melhoria de Abóbora, Abrobrinha e Moranga. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2016. Cap. 2. p. 61-94.
- CEAGESP. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Cotações – Preços no Atacado**. 2024. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/cotacoes/#cotacao>. Acesso em: 09 mar. 2024.
- CHRISTENSEN, R. H. B. Ordinal - Regression Models for Ordinal Data. **R package version 2022**, 2022. p. 11-16.
- FOO, Y. Z.; SIMMONS, L. W.; RHODES, G. Predictors of facial attractiveness and health in humans. **Scientific Reports**, v. 7, 39731, 2017.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F. de; CHAGAS, R. R.; OLIVEIRA, R. L. de; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. da. 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, e0230546, 2020.

GUERRA, A. M. N. M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B.; RODRIGUES, I. J. S. Control of weeds in the japanese pumpkin hybrids. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 27-33, 2020.

HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. Guelph, Canadá: University of Guelph, 1984. 462 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos: Tabela de Dados das Estações – Lavras (83687)**. 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A515>. Acesso em: 21 ago. 2023.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.

LAURINDO, R. D. F.; LAURINDO, B. S.; DELAZARI, F. T.; CARNEIRO, P. C. D. S.; SILVA, D. J. H. da. Potencial de híbridos e populações segregantes de abóbora para teor de óleo nas sementes e plantas com crescimento tipo moita. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 582–591, 2017.

LIMA, T. M. de; ALMEIDA, A. B. de; SANTANA, R. V.; ALVES, E. M.; EGEEA, M. B. Qualidade físico-química e tecnológica de híbrido experimental de abóbora cabotia. **Vértices**, Campos dos Goitacazes, v. 21, n. 2, 2019.

MIRANDA, F. F. R. de; NASCIMENTO, I. R. do; CHAVES, P. P. N.; MURAISHI, C. T.; DOURADO, D. P. Agronomic characteristics of pumpkin fruits of “Tetsukabuto” hybrid as a function of 2,4-D doses. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 4, p. 521-525, 2017.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; SILVA, P. P. Produção de sementes híbridas de abóbora tipo Tetsukabuto. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 11, 2011, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/911280/4/palestra16CursoSementesHortaliças11.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.

NASCIMENTO W. M.; COIMBRA K. G.; FREITAS R. A.; BOITEUX L. S. Eficiência de acessos de *Cucurbita maxima* como polinizadores de abóbora híbrida tipo “Tetsukabuto”. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 540-542, 2008.

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

OLIVEIRA, R. L. de; GOMES, R. S.; ALMEIDA, C. F. de; MACHADO JÚNIOR, R.; ROCHA, J. R. A. D. de C.; SILVA, D. J. H. da; CARNEIRO, P. C. S. Multitrait selection of pumpkin genotypes aimed at reducing the growth habit and improving seed production. **Crop Science**, v. 61, p. 1620–1629, 2021.

PRIORI, D.; VALDUGA, E.; VIZZOTTO, M.; VALGAS, RA; BARBIERI, RL. Cultivos crioulos de abóbora do sul do Brasil como alimentos funcionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 42, e92821, 2022.

PRIORI, D.; BARBIERI, R. L.; MISTURA, C. C.; VILLELA, J. C. B. Caracterização morfológica de variedades crioulas de abóboras (*Cucurbita maxima*) do sul do Brasil. **Rev. Ceres**, v. 65, n. 4, 2018.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 ago. 2023.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: uma ferramenta útil para o melhoramento de plantas. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RIBEIRO, R. M. P.; PEREIRA, C. C. A.; SILVEIRA, L. M. da; NUNES, G. H. de S.; RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. de; SOUZA, M. de F.; LINS, H. A.; BARROS JÚNIOR, A. P. Indirect selection for content of carotenoid in pumpkin accessions. **Revista De La Facultad De Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 52, n. 2, p. 12–21, 2020.

RIPLEY, B.; VENABLES, B.; BATES, D. M.; HORNIK, K.; GEBHARDT, A.; FIRTH, D. Support functions and datasets for venables and Ripley's MASS. **R Package Version 7.3**, v. 57, 2022.

SANTOS, M. R.; SEDIYAMA, H. O. M. E. M.; MOREIRA, M. A.; MEGGUER, C. A.; VIDIGAL, S. M. Rendimento, qualidade e absorção de nutrientes pelos frutos de abóbora em função de doses de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 160-167, 2012.

WICKHAM, H. ggplot2: Gráficos elegantes para análise de dados. **R Package Version 3.3.5**. Nova York: Springer-Verlag, 2016.

ARTIGO 2 DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE HÍBRIDOS EXPERIMENTAIS DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO

RESUMO

O estudo da diversidade genética é essencial para a manutenção da variabilidade em programas de melhoramento. As técnicas multivariadas adotadas neste tipo de pesquisa permitem a identificação de genótipos experimentais semelhantes aos líderes de mercado, refletindo seu potencial de lançamento comercial. Objetivou-se avaliar a diversidade genética entre híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto em relação à componentes de produção e de qualidade, além de identificar as características mais relevantes para o estudo de híbridos. O experimento foi realizado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Como tratamentos foram avaliados 21 híbridos experimentais interespecíficos (HE) e quatro híbridos comerciais utilizados como testemunhas (Nara, Takayama, Kanda e Jabras). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições e seis plantas por parcela. Avaliou-se a produtividade total e comercial de frutos (PTF e PCF), massa média de fruto total e comercial (MMFT e MMFC), número de frutos totais e comerciais (NFT e NFC), espessura da polpa e da casca (EP e EC), diâmetro da cavidade interna do fruto (DCI), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), teor de sólidos solúveis (TSS), parâmetros colorimétricos L^*C^*h da casca e polpa, textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), uniformidade de frutos (UF), barriga branca (BB) e coloração da casca e polpa (CC e CP). Por meio das estimativas da melhor predição linear não viesada (BLUP), realizou-se a análise de agrupamento pelo método UPGMA com as características que apresentaram efeito significativo para o genótipo. Também foi realizada a análise de componentes principais. Verificou-se que há divergência genética entre os híbridos avaliados, com formação de quatro grupos distintos. Conclui-se que o grupo pertencente aos híbridos HE-01, HE-12, HE-14, HE-22 e a cultivar Takayama é o único que se destaca em produtividade média de frutos comerciais e totais, altura e formato de frutos. Além disso, as características mais relevantes para o estudo de híbridos avançados são massa média de frutos comerciais, tamanho do fruto, barriga branca, textura da casca e coloração da casca.

Palavras-chave: *Cucurbita* sp.; híbrido F_1 ; parâmetros agrônômicos; REML/BLUP; análise PCA; análise de agrupamento.

ABSTRACT

The study of genetic diversity is essential for maintaining variability in breeding programs. The multivariate techniques adopted in this type of research allow the identification of experimental genotypes similar to market leaders, reflecting their potential for commercial launch. The objective was to evaluate the genetic diversity among experimental Tetsukabuto pumpkin hybrids in relation to production and quality components, in addition to identifying the most relevant characteristics for the study of hybrids. The experiment was carried out at the Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) at the Universidade Federal de Lavras (UFLA). As treatments, 21 experimental interspecific hybrids (HE) and four commercial hybrids used as controls (Nara, Takayama, Kanda and Jabras) were evaluated. The experimental design was randomized blocks, with three replications and six plants per plot. Total and commercial fruit productivity (PTF and PCF), average mass of total and commercial

fruit (MMFT and MMFC), number of total and commercial fruits (NFT and NFC), pulp and peel thickness (EP and EC), diameter of the internal cavity of the fruit (DCI), fruit height (AF), fruit diameter (DF), soluble solids content (TSS), colorimetric parameters L*C*h of the skin and pulp, skin texture (TC), pulp moisture (UP), fruit shape (FF), fruit size (TF), fruit uniformity (UF), white belly (BB) and skin and pulp color (CC and CP). Using the estimates of the best unbiased linear prediction (BLUP), cluster analysis was performed using the UPGMA method with the characteristics that had a significant effect on the genotype. Principal component analysis was also performed. It was found that there is genetic divergence between the hybrids evaluated, with the formation of four distinct groups. It is concluded that the group belonging to the hybrids HE-01, HE-12, HE-14, HE-22 and the cultivar Takayama is the only one that stands out in terms of average productivity of commercial and total fruits, height and shape of fruits. Furthermore, the most relevant characteristics for the study of advanced hybrids are average commercial fruit mass, fruit size, white belly, skin texture and skin color.

Keywords: *Cucurbita* sp.; F₁ hybrid; agronomic parameters; REML/BLUP; PCA analysis; cluster analysis.

1 INTRODUÇÃO

A adoção de cruzamentos interespecíficos tem sido utilizada com frequência no gênero *Cucurbita*, com o objetivo de obter ganho genético em características agrônomicas de interesse por meio da potencialização da heterose (Amaro *et al.*, 2017). Como exemplo dessa utilização, cita-se a abóbora tipo Tetsukabuto, também conhecida no Brasil como abóbora japonesa ou cabotiá. Trata-se de um híbrido originado do cruzamento entre linhagens de *Cucurbita maxima* Duch. e linhagens de *Cucurbita moschata* Duch (Guerra *et al.*, 2020).

O desenvolvimento do híbrido tipo Tetsukabuto prioriza o aumento da produtividade, da uniformidade, da qualidade visual e nutricional dos frutos, e de resistência às principais pragas e doenças (Amaro *et al.*, 2014; Amaro *et al.*, 2017; Cardoso; Souza Neto, 2016; Laurindo *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2019). Nesse contexto, as empresas multinacionais contribuem com maior intensidade no melhoramento deste tipo de híbrido quando comparadas às empresas públicas de pesquisa agrônômica. Todavia, os programas de melhoramento no Brasil ainda não proporcionaram a total substituição dos híbridos importados pelos desenvolvidos no país (Cardoso; Souza Neto, 2016).

Depreende-se, portanto, que a intensificação nos programas de melhoramento genético brasileiros no desenvolvimento de híbridos interespecíficos é essencial para diminuir a dependência externa das sementes desses híbridos, além de reduzir os custos das sementes e mitigar os riscos de uma possível erosão genética nessas espécies de *Cucurbita* spp. (Nascimento; Pessoa; Silva, 2011).

Para os programas de melhoramento é importante implementar a avaliação da dissimilaridade genética entre genótipos, pois analisa-se a formação de grupos heteróticos (Lima *et al.*, 2022). Este tipo de informação permite nortear o estabelecimento de cruzamentos potenciais (Barboza *et al.*, 2023) ou mesmo comparar o desempenho de híbridos experimentais em relação aos híbridos comerciais líderes de mercado (Almeida *et al.*, 2019). A partir desses híbridos tem-se a possibilidade de promover a variabilidade genética para condução de novos programas de melhoramento (Abdein; Hassan; Dália, 2017; Karaağaç; Balkaya, 2013), visando selecionar, em meio à segregação, linhagens de interesse.

Para isso, a análise multivariada permite o estudo simultâneo da diversidade genética da população em relação a um conjunto de caracteres. Entre as principais técnicas multivariadas empregadas em estudos de diversidade genética, destacam-se os métodos de agrupamentos e dispersivos (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2014). O método de grupo de pares não ponderados com média aritmética (UPGMA) tem como objetivo agrupar os genótipos conforme suas similaridades (Nguyen *et al.*, 2020). Já a análise de componentes principais (PCA) é um método dispersivo que permite identificar a contribuição de cada característica no agrupamento dos genótipos (Gomes *et al.*, 2020). Esses dois métodos são complementares no estudo da diversidade genética, visto que os resultados de PCA corroboram, em geral, os agrupamentos verificados pelo dendrograma UPGMA, a partir de um conjunto predeterminado de características (Abdein *et al.*, 2021).

Diversos estudos têm utilizado a análise multivariada em abóboras (*C. moschata*) (Faustino *et al.*, 2017; Gomes *et al.*, 2020; Lima *et al.*, 2022), morangas (*C. maxima*) (Barboza *et al.*, 2023; Kulczyński; Gramza-Michałowska, 2019) e híbridos intraespecíficos de *C. moschata*, *C. maxima* e *C. pepo* e interespecíficos de *C. moschata* x *C. maxima* (Nguyen *et al.*, 2020). No entanto, são raras as pesquisas que abordam a diversidade genética para características quantitativas e qualitativas multicategóricas em híbridos interespecíficos tipo Tetsukabuto no Brasil. Este trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade genética entre híbridos experimentais de abóbora tipo Tetsukabuto em relação a componentes de produção e de qualidade, além de identificar as características mais relevantes para o estudo de híbridos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e condições ambientais no experimento

O experimento foi realizado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado na Fazenda Palmital, no município de Ijaci, Minas Gerais (altitude: 918 m; latitude: 21°14'16" S; longitude: 45°08'00" W), no período de 21 de dezembro de 2020 a 01 de junho de 2021.

2.2 Tratamentos e delineamento experimental

Como tratamentos foram utilizados 21 híbridos experimentais (HEs) interespecíficos (HE-01, HE-05, HE-07, HE-08, HE-09, HE-10, HE-11, HE-12, HE-14, HE-15, HE-16, HE-17, HE-18, HE-21, HE-22, HE-31A, HE-32, HE-35, HE-37A, HE-39 e HE-42) e quatro híbridos comerciais como testemunhas (Nara, Takayama, Kanda e Jabras). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com três repetições e seis plantas por parcela, totalizando 450 plantas. Houve desbalanceamento experimental, devido a limitação de sementes viáveis dos HE.

Além dos tratamentos, foram utilizadas duas cultivares como polinizadoras visando garantir pólen às plantas F₁, sendo elas a 'Samantha' (híbrido intraespecífico de *Cucurbita maxima*) e a 'Moranga Exposição' (variedade de *C. maxima* de polinização aberta). Em relação a disposição das abóboras polinizadoras no experimento, 18 plantas da cultivar 'Samantha' foram distribuídas dentro do delineamento experimental, ou seja, uma parcela por bloco, além de 11 plantas nas bordaduras. Já da 'Moranga Exposição' foram distribuídas 69 plantas nas bordaduras do experimento. Assim, totalizou-se 98 plantas polinizadoras, correspondendo a 21,78% do total de plantas dos tratamentos. O espaçamento entre plantas foi de 1,5 m e 3,0 m entre linhas. Logo, o experimento conteve 577 plantas, em uma área de 0,260 ha.

2.3 Produção de mudas e preparação dos canteiros

As mudas foram produzidas em bandejas de polipropileno de 162 células, e transplantadas em canteiros após 18 dias do semeio. O preparo da área, os tratos culturais e a irrigação foram realizados conforme a recomendação para a cultura (Nick; Borém, 2017). Realizou-se a adubação de plantio com 100 g planta⁻¹ de superfosfato simples e 150 g planta⁻¹

de NPK, formulação 04-14-08. Após o transplante das mudas, iniciou-se a fertirrigação com fosfato monoamônio, sulfato de magnésio, nitrato de potássio, nitrato de cálcio e ácido bórico, nos quais as quantidades foram ajustadas conforme as semanas de cultivo e a necessidade da cultura (Nick; Borém, 2017). A partir da terceira semana encerrou-se a aplicação de ácido bórico e incluiu-se a aplicação de fosfato monopotássico junto aos demais fertilizantes.

2.4 Colheita e avaliação dos frutos

As colheitas dos frutos foram realizadas após o completo desenvolvimento, ou seja, quando os pedúnculos começaram a secar, apresentando alteração da coloração de verde para aspecto corticoso (Amaro *et al.*, 2014). Foi considerado que os tratamentos avaliados apresentavam diferentes níveis de precocidade, com isso, as colheitas variaram para cada híbrido. Logo, as colheitas em número de três foram realizadas nos dias 22/04/2021, aos 105 dias após o transplante (DAT), 14/05/2021, aos 127 DAT, e 01/06/2021, aos 145 DAT. Após a colheita, os frutos colhidos permaneceram por um período de sete dias em repouso para completar a maturação das sementes.

Em seguida, foram realizadas avaliações agronômicas dos frutos de cada parcela. Considerou-se que frutos comerciais são os de formato redondo alto, com gomos suaves, coloração de casca verde escura, polpa alaranjada intensa, sem danos por rachaduras, queimaduras solares ou insetos, presença de pedúnculo e tamanho de fruto maior que 1 kg. As características avaliadas foram:

- a) *Produtividade total de frutos* (PTF, em t ha⁻¹): aferiu-se a massa de todos os frutos e dividiu-se pela quantidade de frutos e, posteriormente, multiplicou-se pelo número de plantas equivalente a 1 ha (2.222 plantas);
- b) *Produtividade comercial de frutos* (PCF, em t ha⁻¹): realizou-se a mesma metodologia de PTF, porém, considerando apenas os frutos comerciais;
- c) *Massa média de fruto total* (MMFT, em kg fruto⁻¹): dividiu-se a produção total de frutos na parcela pelo número de frutos totais na parcela;
- d) *Massa média de fruto comercial* (MMFC, em kg fruto⁻¹): dividiu-se a produção comercial de frutos na parcela pelo número de frutos comerciais na parcela;
- e) *Número de frutos totais* (NFT, em unidades ha⁻¹): multiplicou-se a PTF por 1000 para transformar em PTF em kg ha⁻¹ e, depois, dividiu-se pela MMFT;
- f) *Número de frutos comerciais* (NFC, em unidades ha⁻¹): multiplicou-se a PCF por 1000 para transformar em PTF em kg ha⁻¹ e, depois, dividiu-se pela MMFC;

- k) *Espessura da polpa* (EP, em cm) e *espessura da casca* (EC, em mm): após o corte transversal de três frutos escolhidos aleatoriamente, mediu-se a espessura com o paquímetro e, em seguida, fez-se a média dos frutos;
- g) *Diâmetro da cavidade interna do fruto* (DCI, em cm), *altura do fruto* (AF, em cm) e *diâmetro do fruto* (DF, em cm): obtidos pela medição, com fita métrica, nos mesmos frutos que se avaliou EP e EC;
- h) *Teor de sólidos solúveis* (TSS, em °Brix): avaliou-se com o auxílio do refratômetro;
- i) *Análise colorimétrica de luminosidade, saturação e ângulo de tonalidade (L*C*h) da casca* (CascaL, CascaC e Cascah) e *da polpa* (PolpaL, PolpaC e Polpah): três frutos foram escolhidos aleatoriamente e analisados por meio do colorímetro CR-400 Chroma (Konica Minolta Sensing) e, posteriormente, fez-se a média;
- Avaliou-se as características qualitativas por meio de escalas de notas, após a visualização dos frutos colhidos, sendo:
- a) *Textura da casca* (TC), em que 1= muito enrugada, 2= enrugada, 3= pouco enrugada, 4= levemente enrugada e 5= lisa (desejável) (adaptado de Miranda *et al.* (2017));
- b) *Umidade da polpa* (UP), em que 1= muito úmida, 2= úmida, 3= umidade média, 4= enxuta e 5= muito enxuta (desejável);
- c) *Formato de fruto* (FF), em que 1= muito chato, 2= chato, 3= redondo, 4= redondo achatado e 5= redondo alto (desejável);
- d) *Tamanho de fruto* (TF), em que 1= muito pequeno (diâmetro do fruto ≤ 10 cm), 2= pequeno (diâmetro do fruto 11 a 13 cm), 3= médio (diâmetro do fruto 14 a 17 cm), 4= bom (diâmetro do fruto 18 a 20 cm) e 5= muito bom (diâmetro do fruto 21 a 25 cm) (desejável);
- e) *Uniformidade de frutos* (UF), em que 1= muito ruim, 2= ruim, 3= média, 4= bom e 5= muito bom (desejável);
- f) *Barriga branca* (BB), em que 1= muito presente; 2= presente; 3= presença média; 4= pouco presente; 5= ausente (desejável);
- g) *Coloração da casca* (CC), em que 1= ruim (aspecto carijó), 2= regular, 3= verde médio, 4= verde escuro e 5= verde muito escuro (desejável);
- h) *Coloração da polpa* (CP), em que 1= ruim, 2= regular, 3= média, 4= alaranjada e 5= muito alaranjada (desejável).

2.5 Análise dos dados

Os dados das características quantitativas foram transformados para atender a distribuição normal e/ou melhorar a análise através da metodologia de Box e Cox (1964). Os lambdas (λ) das transformações foram: PTF ($\lambda=-0,812$), PCF ($\lambda= 0,805$), MMFT ($\lambda= 0,267$), MMFC ($\lambda= 0,941$), NFT ($\lambda= -0,482$), NFC ($\lambda= 0,859$), EP ($\lambda= 1,734$), EC ($\lambda= 0,603$), DCI ($\lambda= 3,822$), AF ($\lambda= 0,459$), DF ($\lambda= 4,727$), TSS ($\lambda= -2,786$), CascaL ($\lambda= -0,778$), CascaC ($\lambda= -1,892$), Cascah ($\lambda= 5,795$), PolpaL ($\lambda= 0,442$), PolpaC ($\lambda= 1,071$) e Polpah ($\lambda= 3,761$). Já as características qualitativas não foram transformadas, sendo tratadas como ordinais.

Estimou-se a melhor predição linear não viesada (BLUP) por meio da máxima verossimilhança residual restrita (REML) (Henderson, 1984), conforme o modelo misto a seguir (Equação 1):

$$Y_{ij} = \mu + b_i + g_j + e_{ij} \quad (1)$$

Em que, Y_{ij} representa a variável aleatória em estudo, tomada no i -ésimo bloco do j -ésimo genótipo; μ é a constante associada as observações; b_i = efeito fixo do bloco i ; g_j efeito aleatório do genótipo j ; e_{ij} é o efeito aleatório do erro experimental associado ao modelo.

Com base nas estimativas do modelo misto, realizou-se a análise de agrupamento com as características que apresentaram efeito significativo para genótipo, por meio da matriz de dissimilaridade de Gower. Os resultados da análise foram expressos pelo método de grupo de pares não ponderados usando médias aritméticas (UPGMA). Para determinar a confiabilidade dos dados e a coerência do agrupamento, estimou-se o coeficiente de correlação cofenética. A significância da correlação entre a matriz cofenética e a matriz com as distâncias originais foi aferida pelo Teste de Mantel (1967) à 1% de probabilidade, considerando 1000 reamostragens. O ponto de corte (PC) foi determinado pelo Método de Mojena (1977) (Equação 2):

$$PC = m + k * dp \quad (2)$$

Em que, m é a estimativa não enviesadas da média; k é a constante igual a 1,25, conforme estabelecido por Milligan e Cooper (1985); e dp é o desvio padrão.

A partir dos valores preditos de BLUP realizou-se a análise de componentes principais (PCA) entre as características que participaram da análise de agrupamento. Também estimou-se as correlações entre variáveis e dimensões.

Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2022). Os modelos lineares mistos para as características quantitativas foram ajustados com a função *lmer* da biblioteca *lme4* (Bates *et al.*, 2015), já para as características qualitativas foram ajustados com a função *clmm* da biblioteca *ordinal* (Christensen, 2022). Os limites de confiança para “ λ ” na transformação Box-Cox foram avaliados com a função *boxcox* da biblioteca *MASS* (Ripley *et al.*, 2022). A análise de componentes principais foi realizada por meio da função *PCA* da biblioteca *FactoMineR* (Husson *et al.*, 2020), e a extração e visualização das variâncias das dimensões através da função *eigenvalue* da biblioteca *factoextra* (Kassambara; Mundt, 2020). O Teste de Mantel foi realizado por meio da biblioteca *ape* (Paradis; Schliep, 2019). Os gráficos foram produzidos utilizando-se a da biblioteca *ggplot2* (Wickham, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Estação Climatológica Principal de Lavras, localizada no Câmpus da UFLA (altitude: 918 m; latitude: 21°14' S; longitude: 45°00' W), a 18 km do CDTT, demonstrou que as condições durante o experimento foram temperatura máxima média de 23,8 °C, temperatura mínima média de 14,8 °C, temperatura média de 19,3 °C, umidade relativa do ar média de 83,67% e precipitação acumulada de 17,4 mm (INMET, 2023).

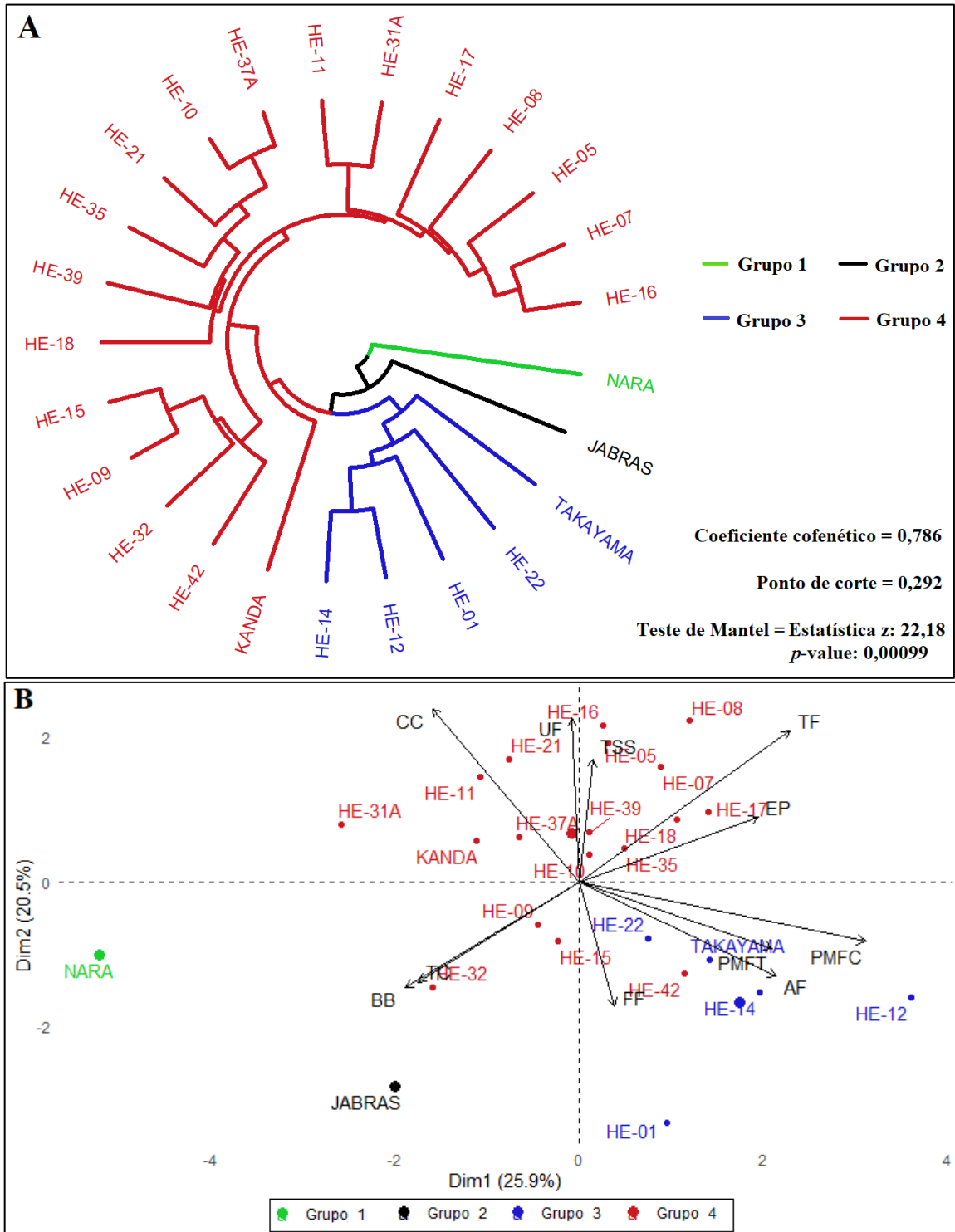
A análise de variância demonstrou que houve efeito significativo dos genótipos para as características MMFT (0,039*), MMFC (0,020*), EP (0,020*), AF (<0,000***), TSS (0,021*), TC (<0,000***), FF (0,004**), TF (<0,000***), UF (0,004**), BB (0,001**) e CC (<0,000***). Isso indica a presença de variabilidade genética na população estudada em relação a estes caracteres. Essa variabilidade é importante, pois aponta para a presença de híbridos experimentais com desempenhos distintos. Além disso, é possível verificar os híbridos experimentais com desempenhos similares aos comerciais, o que é de interesse.

A análise de agrupamento resultou na formação de quatro grupos distintos, expressos pelas diferentes colorações (Figura 1A). Estes agrupamentos obtiveram alta correlação cofenética (0,786), indicando que o dendrograma gerado possui um bom grau de ajuste entre a matriz de distâncias do dendrograma e a matriz de distâncias originais (Cruz *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2022), ou seja, são agrupamentos representativos da diversidade existente.

A PCA explicou 46,4% (componente principal 1 [CP1] + componente principal 2 [CP2]) da variação total observada entre os híbridos, considerando as 11 características independentes (Figura 1B). Outros estudos com abóbora têm demonstrado ser comum baixos valores da somatória das dimensões, como o trabalho de Kong *et al.* (2014) que detectou 38,8%. Duas

possíveis razões para esse resultado é o elevado número de características avaliadas em conjunto e a correlação negativa entre as características.

Figura 1 - Análises de agrupamento (A) e de componentes principais (B) com base nas características agrônômicas de massa média de fruto total (MMFT), massa média de fruto comercial (MMFC), espessura da polpa (EP), altura do fruto (AF), teor de sólidos solúveis (TSS), textura da casca (TC), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), uniformidade de frutos (UF), barriga branca (BB) e coloração da casca (CC) avaliadas em híbridos de abóbora tipo Tetsukabuto. UFLA, Lavras, MG, 2024.



Legenda: *Dim1* indica a dimensão 1, ou seja, o componente principal 1 (CP1); e *Dim2* indica a dimensão 2, ou seja, o componente principal 2 (CP2).

Fonte: Da autora (2024).

Os grupos 1 e 2 foram compostos pelos híbridos comerciais Nara e Jabras, respectivamente (Figura 1A). Estes híbridos não se assemelharam aos demais híbridos por apresentarem características acentuadamente divergentes. A cultivar Nara apresentou os menores valores de BLUP para as características MMFC, AF e EP quando comparadas aos demais tratamentos. Isso pode ser verificado ao analisar a disposição inversa do genótipo em relação ao conjunto dessas características (Figura 1B). Esse cenário não é interessante, principalmente porque menores valores de MMFC e EP garantem diminuição do aproveitamento de fruto (Amaro *et al.*, 2017). Já o híbrido Jabras caracterizou-se pelos menores valores de BLUP para EP e UF, como observado pelas retas opostas das características, refletindo em polpas mais finas e maiores desuniformidades de frutos. Essa desuniformidade indica maior variação de TF na produção e, conseqüentemente, podem apresentar um número considerável de frutos fora do tamanho ideal para comercialização, os quais são desvalorizados no mercado (CEAGESP, 2024).

É importante salientar que o híbrido Nara foi um dos genótipos de melhor desempenho quanto à menor ocorrência BB e a boa TC. Além disso, o híbrido Jabras também apresentou baixa incidência de BB, porém, sem apresentar destaque quanto à TC. Gomes *et al.* (2020), ao estudarem 91 acessos de *C. moschata* e testemunhas como os híbridos comerciais Tetsukabuto e Jabras quanto às características agromorfológicas, verificaram-se que o híbrido Tetsukabuto não se assemelhou aos demais tratamentos, enquanto a Jabras foi similar a 15 acessos. Isso comprova que é comum a ocorrência de variados agrupamentos entre genótipos experimentais e cultivares comerciais, cabendo ao melhorista verificar os padrões de maior interesse.

O grupo 3 foi composto pelos híbridos experimentais HE-22, HE-01, HE-12, HE-14 e o híbrido comercial Takayama (Figura 1A). Observa-se que estes genótipos foram alocados em um mesmo quadrante, o que denota a significativa similaridade quanto ao conjunto de caracteres estudados. Esse grupo caracteriza-se por apresentar valores inferiores de CC, porém, com elevados valores de MMFT, MMFC, AF e FF (Figura 1B). Embora tenham apresentado valores de CC menores que os demais híbridos, os genótipos deste grupo ainda apresentam coloração de casca bem escuras (notas próximas a 5), o que é satisfatório. Conforme a Empresa Agristar (2019), a massa média de frutos da Takayama é de 2,6 kg, enquanto neste trabalho obteve-se um MMFC de 2,06 kg. Esta diferença pode ser resultado de interações desfavoráveis do genótipo com fatores ambientais locais. Todavia, o híbrido Takayama está entre os genótipos mais comercializados no Brasil. Assim, a similaridade dos híbridos experimentais com o Takayama aponta para um potencial de lançamento comercial. Este grupo de genótipos foi caracterizado por apresentarem MMFT variando de 1,53 (Takayama) a 1,86 kg fruto⁻¹ (HE-14);

MMFC entre 2,05 (Takayama) e 2,25 kg fruto⁻¹ (HE-12); FF redondo achatado; e altura do fruto variando de 15,04 (HE-22) a 17,07 cm (Takayama).

O grupo 4 foi composto pelos híbridos experimentais HE-05, HE-07, HE-08, HE-09, HE-10, HE-11, HE-15, HE-16, HE-17, HE-18, HE-21, HE-31A, HE-32, HE-35, HE-37A, HE-39 e HE-42, além do híbrido comercial Kanda (Figura 1A). Esses genótipos foram superiores a um grande número de características, visto que estão distribuídos em todos os quadrantes da PCA (Figura 1B). De modo geral, esse grupo apresentou o melhor desempenho para MMFT, MMFC, AF e FF quando comparado ao grupo 3. Observando a análise de PCA verifica-se que há híbridos com maior similaridade ao híbrido comercial Kanda, devido sua proximidade na PCA (Figura 1B). Assim, os híbridos experimentais HE-11, HE-31 e HE-37A são os mais semelhantes a Kanda no conjunto de características, embora tenham apresentado comportamentos de amplitudes consideráveis de variação dentro de cada característica estudada.

As variáveis que apresentaram elevadas associações positivas com o CP1 foram aquelas que apresentaram a maior importância relativa da característica, sendo MMFC (0,86), TF (0,64), AF (0,59), MMFT (0,58) e EP (0,54) (Tabela 1). O mesmo pode ser verificado para as variáveis BB (-0,52), TC (-0,49) e CC (-0,44), que apresentaram as maiores associações negativas com o CP1, indicando serem inversamente proporcionais. As correlações entre as variáveis e dimensões refletem sobre a semelhança entre a variação da variável original e a variação representada pelo componente principal. Assim, valores próximos a 1 e -1 indicam alta associação entre a variável e o componente principal, enquanto valores próximos a 0 indicam ausência de associação (Cruz; Regazzi; Carneiro, 2014).

Já o CP2 apresentou altas associações positivas com as características de maiores contribuições CC (0,67), UF (0,63), TF (0,58) e TSS (0,47), com exceção de FF (-0,48) que apresentou forte associação negativa. A BB (-0,41) e a TC (-0,39) também foram caracteres que apresentaram contribuição relevante para a variação.

Tabela 1 – Correlações entre variáveis e dimensões pela análise de componentes principais com base nas características agronômicas de massa média de fruto total (MMFT), massa média de fruto comercial (MMFC), espessura da polpa (EP), altura do fruto (AF), teor de sólidos solúveis (TSS), textura da casca (TC), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), uniformidade de frutos (UF), barriga branca (BB) e coloração da casca (CC) avaliadas em híbridos de abóbora tipo Tetsukabuto. UFLA, Lavras, MG, 2024.

Característica	Correlações entre variáveis e dimensões	
	<i>CP1</i>	<i>CP2</i>
MMFT	0,58	-0,26
MMFC	0,86	-0,23
EP	0,54	0,25
AF	0,59	-0,37
TSS	0,04	0,47
TC	-0,49	-0,39
FF	0,11	-0,48
TF	0,64	0,58
UF	-0,02	0,63
BB	-0,52	-0,41
CC	-0,44	0,67

Legenda: *CP1* indica o componente principal 1; *CP2* indica o componente principal 2.

Fonte: Da autora (2024).

Outra observação importante na análise PCA é a amplitude da variabilidade das características, construídas a partir dos dados padronizados, que são representadas pelo comprimento da reta (Figura 1B). Características com maiores amplitudes indicam maiores correlações com os componentes principais, o que pode ser evidenciado para MMFC, TF, BB, TC e CC (Tabela 1). Dessa forma, essas cinco características apresentam maiores representatividades na correlação, sendo consideradas primordiais para a avaliação em programas de melhoramento genético de abóbora tipo Tetsukabuto. Com essa observação, reduz-se o número de características na análise PCA, podendo ainda colaborar para aumentar a explicação da diversidade genética entre os híbridos avançados.

4 CONCLUSÕES

Há divergência genética entre os híbridos avaliados, possibilitando a divisão em grupos heteróticos.

Os híbridos experimentais HE-01, HE-12, HE-14, HE-22 e a cultivar comercial Takayama destacam-se, de maneira geral, em relação à produtividade média de frutos comerciais e totais, altura de frutos e formato de frutos.

As características mais relevantes para o estudo de híbridos avançados são a massa média de frutos comerciais, o tamanho do fruto, a barriga branca, a textura da casca e a coloração da casca.

REFERÊNCIAS

- ABDEIN, M. A.; EL-MANSY, A. B.; AWAD, N. S.; EL-MONEIM, D. A. Assessment of Genetic Diversity in Summer Squash Genotypes Using some Yield Traits and DNA Markers Analysis under Sinai Conditions. **Journal of Plant Production Sciences**, v. 10, n. 1, p. 13-29, 2021.
- ABDEIN, M. A. E.; HASSAN, H. M. F.; DALIA, H. M. General performance, combining abilities and heritability of yield and yield component traits in pumpkin (*Cucurbita moschata* Poir.) at different conditions. **Current Applied Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 121-129, 2017.
- AGRISTAR. **Catálogo de produtos 2019/2020**. 2019. Disponível em: <https://agristar.com.br/upload/pageflip/TopseedPremium-catalogo2020/eb9e10.pdf>. Acesso em: 01 set. 2023.
- ALMEIDA, A. B. de; LIMA, T. M. de; OLIVEIRA FILHO, J. G. de; SANTANA, R. V.; LIMA, D. S.; MOREIRA, E. A.; EGEA, M. B. Relation Between Physicochemical Characteristics and Sensory Profiles of Cooked Pumpkin Varieties. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 31, n. 9, p. 697-707, 2019.
- AMARO, G. B.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S.; CARVALHO, A. D. F.; LOPES, J. F. Desempenho agrônomo de híbridos experimentais de abóbora Tetsukabuto para características dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 180-185, 2017.
- AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; CARVALHO, A. D. F.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, N. J. **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida tipo japonesa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33886188.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- BARBOZA, M.; LIMA, F. L. dos S.; RIBEIRO, R. M. P.; PEREIRA, C. C. A.; SANTOS, M. G. dos; SILVEIRA, F. P. da M.; NASCIMENTO, A. K. Q. do; PASSOS, A. B. R. de J.; CHAGAS, P. S. F. das; RIBEIRO, J. E. da S.; LIMA, J. V. L.; SANTOS JÚNIOR, J. T. dos; NUNES, G. H. de S.; SILVEIRA, L. M. da; BARROS JÚNIOR, A. P. Determination of Total Carotenoids and β -Carotene in Germplasm of Pumpkin Caboclo (*Cucurbita maxima*). **Agronomy**, v. 13, n. 4, 1109, 2023.
- BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, p. 1-48, 2015.
- BOX, G.; COX, D. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 26, p. 211-243, 1964.
- CARDOSO, A. I. I.; SOUZA NETO, I. L. Melhoramento de Abóbora, Abrobrinha e Moranga. In: NICK, Carlos; BORÉM, Aluizio (org.). **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2016. Cap. 2. p. 61-94.
- CEAGESP. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Cotações – Preços no Atacado**. 2024. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/cotacoes/#cotacao>. Acesso em: 09 mar. 2024.

CHRISTENSEN, R. H. B. Ordinal - Regression Models for Ordinal Data. **R package version 2022**. 2022. p. 11-16.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Viçosa: UFV, 2011. 620 p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2014. 668 p.

FAUSTINO, R. M. E. B. **Predição de parâmetros genéticos e incremento da qualidade em frutos de progênies de aboboreira (*Cucurbita moschata* Duch.)**. 2017. 99 p. Tese (Doutorado Acadêmico em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2017.

GOMES, R. S.; MACHADO JÚNIOR, R.; ALMEIDA, C. F. de; CHAGAS, R. R.; OLIVEIRA, R. L. de; DELAZARI, F. T.; SILVA, D. J. H. da. 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, e0230546, 2020.

GUERRA, A. M. N. M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B.; RODRIGUES, I. J. S. Control of weeds in the japanese pumpkin hybrids. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 27-33, 2020.

HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. Guelph, Canadá: University of Guelph, 1984. 462 p.

HUSSON, F.; JOSSE, J.; LE, S.; MAZET, J. FactoMineR: Análise Exploratória Multivariada de Dados e Mineração de Dados com pacote R. **R versão 2.4.4.**, 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos**: Tabela de Dados das Estações – Lavras (83687). 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A515>. Acesso em: 21 ago. 2023.

KARAAĞAÇ, O; BALKAYA, A. Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 9-12, 2013

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. factoextra: Extraia e Visualize os Resultados de Análises de Dados Multivariados. **Versão do pacote R 1.0.7.**, 2020.

KONG, Q.; CHEN, J.; LIU, Y.; MA, Y.; LIU, P.; WU, S.; HUANG, Y.; BIE, Z. Genetic diversity of Cucurbita rootstock germplasm as assessed using simple sequence repeat markers. **Scientia Horticulturae**, v. 175, p. 150-155, 2014.

KULCZYŃSKI, B.; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A. The Profile of Carotenoids and Other Bioactive Molecules in Various Pumpkin Fruits (*Cucurbita maxima* Duchesne) Cultivars. **Molecules**, v. 24, 3212, 2019.

LAURINDO, R. D. F.; LAURINDO, B. S.; DELAZARI, F. T.; CARNEIRO, P. C. D. S.; SILVA, D. J. H. da. Potencial de híbridos e populações segregantes de abóbora para teor de

óleo nas sementes e plantas com crescimento tipo moita. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 582–591, 2017.

LIMA, M. V.; OLIVEIRA, F. I. C. de; RAMOS, S. R. R.; FREITAS, B. M.; ARAGÃO, F. A. S. de. Fenologia da floração e biologia floral em cultivares de abóbora. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 53 , e20218013, 2022.

LIMA, T. M. de; ALMEIDA, A. B. de; SANTANA, R. V.; ALVES, E. M.; EGEEA, M. B. Qualidade físico-química e tecnológica de híbrido experimental de abóbora cabotiá. **Vértices (Campos dos Goitacazes)**, v. 21, n. 2, 2019.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, v. 27, n. 2, p. 209-20, 1967.

MILLIGAN, G. W.; COOPER, M. C. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. **Psychometrika**, v. 50, n. 2, p. 159–179, 1985.

MIRANDA, F. F. R. de; NASCIMENTO, I. R. do; CHAVES, P. P. N.; MURAIISHI, C. T.; DOURADO, D. P. Agronomic characteristics of pumpkin fruits of “Tetsukabuto” hybrid as a function of 2,4-D doses. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 4, p. 521-525, 2017.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359–363, 1997.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; SILVA, P. P. Produção de sementes híbridas de abóbora tipo Tetsukabuto. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 11, 2011, Porto Alegre. **Anais[...]** Porto Alegre: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/911280/4/palestra16CursoSementesHortaliças11.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.

NGUYEN, N. N.; KIM, M.; JUNG, J. K.; SHIM, E. J.; CHUNG, S. M.; PARK, Y.; LEE, G. P.; SIM, S. C. Genome-wide SNP discovery and core marker sets for assessment of genetic variations in cultivated pumpkin (*Cucurbita* spp.). **Horticulture Research**, v. 7, 121, 2020.

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

PARADIS, E.; SCHLIEP, K. ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. **Bioinformatics**, 35, 526-528, 2019.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 ago. 2023.

RIPLEY, B.; VENABLES, B.; BATES, D. M.; HORNIK, K.; GEBHARDT, A.; FIRTH, D. Support functions and datasets for venables and Ripley's MASS. **R Package Version 7.3**, v. 57, 2022.

WICKHAM, H. ggplot2: Gráficos elegantes para análise de dados. **R Package Version 3.3.5**. Nova York: Springer-Verlag, 2016.

ARTIGO 3 FENOTIPAGEM E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO QUANTO AO HÁBITO DE CRESCIMENTO E A TOLERÂNCIA AO VÍRUS ZYMV

RESUMO

A avaliação da incidência de viroses em progênies de abóbora é essencial nos programas de melhoramento genético, pois permite identificar indivíduos tolerantes. Adicionalmente, a identificação de indivíduos com hábitos de crescimento compactos é de grande interesse, visto que isto contribui para incrementos de produtividade, melhor aproveitamento da área de plantio e facilidade na colheita. Com isso, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar e selecionar progênies de abóbora tipo Tetsukabuto tolerantes ao vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e com hábito de crescimento tipo moita, visando obter variabilidade genética para formação de germoplasma. Como tratamentos utilizou-se as progênies obtidas por meio do cruzamento ao acaso de cinco híbridos experimentais interespecíficos pré-selecionados (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 e HE-35) com as cultivares polinizadoras ‘Samantha’ e ‘Moranga Exposição’. Produziu-se as mudas das progênies e de abobrinha caserta (testemunha suscetível), e após 14 dias da semeadura realizou-se a inoculação do vírus ZYMV nas mudas. Os indivíduos foram avaliados quanto a incidência ao vírus desde a fase de muda até a fase de produção em campo, por meio de escalas de notas. Os indivíduos com sintomas foram eliminados e os remanescentes (sem sintomas) foram cruzados manualmente com a abóbora ‘Samantha’. Os frutos obtidos desses cruzamentos (PS2) foram avaliados agronomicamente quanto as características quantitativas e qualitativas, enquanto os indivíduos remanescentes foram avaliados quanto ao hábito de crescimento (rama longa, *bush* - B ou *semibush* - SB). Os dados obtidos foram analisados descritivamente. Posteriormente, realizou-se a análise multivariada dos dados pelos métodos de agrupamento UPGMA e de componentes principais (PCA). Verificou-se na avaliação em bandeja que a porcentagem de indivíduos com ausência de sintomas variou de 4,72% (PS1HE-16ZYMV) a 42,34% (PS1HE-35ZYMV). Do total de mudas viáveis e inoculadas (538 plantas), 15,81% foram selecionadas nesta fase. Já no campo, a porcentagem de indivíduos com ausência de sintomas variou de 0,00% (PS1HE-16ZYMV) a 75,00% (PS1HE-12ZYMV). Do total de indivíduos selecionados na fase de mudas (74 indivíduos), 50,00% permaneceram tolerantes na fase de campo. Dos indivíduos tolerantes identificados na fase de campo, obteve-se frutos e sementes viáveis em 61,29% desses indivíduos, ou seja, 19 indivíduos, os quais geraram um total de 30 frutos. Sete destes indivíduos apresentaram hábito de crescimento *semibush* e foram agrupados em três grupos. Concluiu-se que a progênie PS1HE-35ZYMV é a mais tolerante ao ZYMV. A progênie PS1HE-16ZYMV não apresenta tolerância ao ZYMV. Os frutos dos indivíduos com o hábito SB e tolerantes ao ZYMV (I7PS1HE-07ZYMV, I4PS1HE-12ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV, I5PS1HE-35ZYMV, I11PS1HE-35ZYMV, I35PS1HE-35ZYMV e I42PS1HE-35ZYMV) deverão ser selecionados para a próxima etapa do programa de melhoramento.

Palavras-chave: *Cucurbita* sp.; híbrido F₁; *bush*; *semibush*; *Zucchini yellow mosaic virus*.

ABSTRACT

The assessment of the incidence of viruses in pumpkin progenies is essential in genetic improvement programs, as it allows the identification of tolerant individuals. Additionally, the

identification of individuals with compact growth habits is of great interest, as this contributes to increases in productivity, better use of the planting area and ease of harvesting. Therefore, the objective of this work was to evaluate and select Tetsukabuto pumpkin progenies tolerant to the *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) and with a clump-like growth habit, aiming to obtain genetic variability for the formation of germplasm. As treatments, progenies obtained through the random crossing of five pre-selected interspecific experimental hybrids (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 and HE-35) with the pollinating cultivars 'Samantha' were used. and 'Strawberry Exhibition'. Seedlings were produced from the progenies and caserta zucchini (susceptible control), and after 14 days of sowing, the ZYMV virus was inoculated into the seedlings. Individuals were evaluated for virus incidence from the seedling stage to the field production stage, using rating scales. Individuals with symptoms were eliminated and the remaining individuals (without symptoms) were manually crossed with the 'Samantha' pumpkin. The fruits obtained from these crossings (PS2) were agronomically evaluated for quantitative and qualitative characteristics, while the remaining individuals were evaluated for growth habit (long branch, bush - B or semibush - SB). The data obtained were analyzed descriptively. Subsequently, multivariate analysis of the data was carried out using the UPGMA grouping and principal components (PCA) methods. It was found in the tray assessment that the percentage of individuals with no symptoms ranged from 4.72% (PS1HE-16ZYMV) to 42.34% (PS1HE-35ZYMV). Of the total viable and inoculated seedlings (538 plants), 15.81% were selected at this stage. In the field, the percentage of individuals with no symptoms varied from 0.00% (PS1HE-16ZYMV) to 75.00% (PS1HE-12ZYMV). Of the total number of individuals selected in the seedling phase (74 individuals), 50.00% remained tolerant in the field phase. Of the tolerant individuals identified in the field phase, viable fruits and seeds were obtained in 61.29% of these individuals, that is, 19 individuals, which generated a total of 30 fruits. Seven of these individuals had a semibush growth habit and were grouped into three groups. It was concluded that the PS1HE-35ZYMV progeny is the most tolerant to ZYMV. The PS1HE-16ZYMV progeny does not show tolerance to ZYMV. Fruits from individuals with the SB habit and tolerant to ZYMV (I7PS1HE-07ZYMV, I4PS1HE-12ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV, I5PS1HE-35ZYMV, I11PS1HE-35ZYMV, I35PS1HE-35ZYMV and I42PS1HE-35ZYMV) should be selected for the next stage of the program of improvement.

Keywords: *Cucurbita* sp.; F₁ hybrid; bush; semibush; *Zucchini yellow mosaic virus*.

1 INTRODUÇÃO

A abóbora híbrida tipo Tetsukabuto, obtida do cruzamento entre as espécies *Cucurbita maxima* e *Cucurbita moschata* (Guerra *et al.*, 2020), destaca-se como o tipo de abóbora mais cultivado no Brasil (Almeida *et al.*, 2019). Isso resulta da sua alta produtividade, elevada capacidade de adaptação a diferentes condições climáticas e maior resistência a pragas (Zhou *et al.*, 2014). Além disso, a abóbora híbrida apresenta diversos compostos benéficos à saúde, como sais minerais, a exemplo do ferro, cálcio, potássio e magnésio, além de vitaminas A, B, C e E (Almeida *et al.*, 2019). Apesar desta relevância, a maioria das cultivares desse tipo de abóbora utilizadas no Brasil são importadas (Amaro *et al.*, 2017). Dessa forma, para reduzir

essa dependência e os custos com sementes, é necessário a implementação de programas de melhoramento genético com a cultura no Brasil (Nascimento; Pessoa; Silva, 2011).

Dentro de programas de melhoramento genético de abóbora, o objetivo é a seleção de indivíduos tolerantes ou resistentes às viroses. Dentre os vírus que comprometem as cucurbitáceas, destaca-se o *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV), do gênero Potyvirus, que é transmitido por pulgões (Pavan; Sakate, 2017). Alguns dos sintomas são clorose nas nervuras das folhas, mosaico severo, necrose sistêmica, amarelecimento das folhas, subdesenvolvimento e deformação das folhas e frutos (Beloti *et al.*, 2022; Pavan; Sakate, 2017). Por não haver controle curativo para as viroses, torna-se imprescindível realizar um manejo preventivo, especialmente por meio da tolerância ou resistência genética (Beloti *et al.*, 2022).

Outra característica relevante que os melhoristas têm priorizado é a seleção de linhagens com hábito de crescimento tipo *bush* (Laurindo *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2015) ou *semibush* (Uretsky; Loy, 2017). A razão é que as plantas com tamanho reduzido, quando comparadas às plantas de ramos longas, demandam um espaçamento de plantio reduzido, devido a diminuição do comprimento dos entrenós (Oliveira *et al.*, 2021). Esse resultado é possível devido ao gene *Bush* (*Bu*) que em homozigose dominante proporciona plantas tipo arbustiva, também chamadas de tipo moita (*bush*) (Zhang *et al.*, 2015), e em heterozigose conferem plantas semiarbustivas, também denominadas de meia ramos (*semibush*) (Uretsky; Loy, 2017). Essa é uma característica importante para a produtividade e redução de mão-de-obra durante o cultivo (Zhang *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o melhoramento genético visando a obtenção de híbridos tipo Tetsukabuto consiste em obter linhagens de *C. maxima* e *C. moschata* com boa complementariedade para as características de interesse, e posteriormente, realizar cruzamentos interespecíficos. Contudo, uma das dificuldades na obtenção dessas linhagens a partir de híbrido preexistentes no mercado é que suas sementes F₂ apresentam barreira de esterilidade (Liu *et al.*, 2022). Isso faz com que estas sementes F₂ não se desenvolvam, obtendo portanto, embriões imaturos (Liu *et al.*, 2022). Para contornar esse problema, utiliza-se o retrocruzamento e o cruzamento adicional (Liu *et al.*, 2022; Zhang; Yu; Medina, 2012), a exemplo com a cultivar ‘Samantha’. Híbridos potenciais disponíveis no mercado podem ser utilizados para iniciar um programa de melhoramento, de forma a selecionar linhagens endogâmicas superiores em gerações segregantes avançadas (Abdein; Hassan; Dália, 2017; Karaağaç; Balkaya, 2013). Definir precocemente as progênes estratégicas a serem avançadas nos programas é uma etapa essencial, que deve ser baseada nas características de interesse (Laurindo *et al.*, 2017).

Este trabalho teve como objetivo avaliar e selecionar progênies de abóbora tipo Tetsukabuto tolerantes ao vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e com hábito de crescimento compacto, visando obter variabilidade genética para formação de germoplasma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

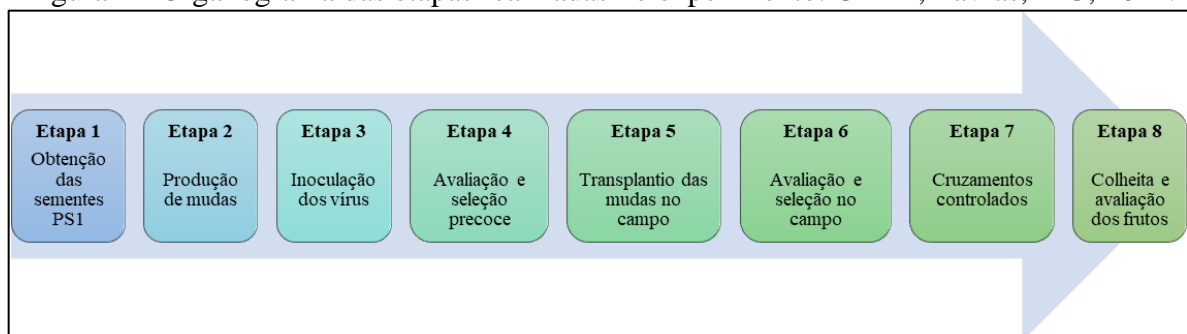
2.1 Local e condições experimentais

O experimento foi realizado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado na Fazenda Palmital, no município de Ijaci, Minas Gerais (altitude: 918 m; latitude: 21°14'16" S; longitude: 45°08'00" W), no período de 31 de outubro de 2022 a 09 de maio de 2023. A classificação climática da região é tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão (Köppen, 1936).

2.2 Organograma de implementação dos experimentos

O processo de seleção para tolerância a virose e identificação do hábito de crescimento dos indivíduos foi organizado em etapas distintas, conforme descritas na Figura 1, as quais são detalhadas a seguir.

Figura 1 - Organograma das etapas realizadas no experimento. UFLA, Lavras, MG, 2024.



Legenda: PS1 indica a população segregante do primeiro cruzamento.

Fonte: Da autora (2024).

2.2.1 Obtenção das sementes PS1 e tratamentos

Como tratamentos foram utilizadas as sementes da população segregante do primeiro cruzamento (PS1) obtidas do cruzamento ao acaso de cinco híbridos experimentais (HE)

interespecíficos pré-selecionados (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 e HE-35) com as polinizadoras ‘Samantha’ (híbrido intraespecífico de *Cucurbita maxima*) e ‘Moranga Exposição’ (variedade de *C. maxima* de polinização aberta). Utilizou-se dois polinizadores a fim de garantir pólen aos indivíduos F₁. As principais características que definiram os polinizadores a serem utilizados foram: a ‘Samantha’ apresenta características semelhantes aos híbridos tipo Tetsukabuto, como coloração da casca escura, coloração da polpa alaranjada intensa e rama compacta (*semibush*); enquanto a ‘Moranga Exposição’ é a mais utilizada como doadora de pólen em cultivos comerciais. Já a caracterização agrônômica destes HE está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização agrônômica dos híbridos experimentais F₁ que foram utilizados como um dos parentais. UFLA, Lavras, MG, 2024.

Características	Híbridos				
	HE-07	HE-12	HE-16	HE-18	HE-35
Produtividade total de frutos (t ha ⁻¹)	9,16	10,70	8,70	8,51	12,77
Produtividade comercial de frutos (t ha ⁻¹)	7,17	6,03	5,05	6,28	9,28
Massa média de fruto total (kg fruto ⁻¹)	1,65	2,09	1,58	1,55	1,92
Massa média de fruto comercial (kg fruto ⁻¹)	2,14	2,50	2,03	2,21	1,85
Espessura da polpa (cm)	2,99	3,92	3,08	3,32	3,18
Altura do fruto (cm)	14,50	16,67	14,22	16,17	14,92
Diâmetro do fruto (cm)	18,17	20,33	19,22	19,33	18,17
Teor de sólidos solúveis (°Brix)	17,22	16,70	16,91	17,50	18,20
Textura da casca	enrugada	pouco enrugada	pouco enrugada	pouco enrugada	pouco enrugada
Formato de fruto	redondo achatado	redondo achatado	redondo	redondo	redondo
Tamanho de fruto	muito bom	bom	muito bom	bom	bom
Uniformidade de frutos	muito bom	bom	muito bom	bom	bom
Barriga branca	presente	presente	presente	presente	presente
Coloração da casca	verde	verde	verde muito	verde	verde
	muito escuro	muito escuro	escuro	muito escuro	muito escuro
Coloração da polpa	muito	muito	muito	muito	alaranjada
	alaranjada	alaranjada	alaranjada	alaranjada	

Fonte: Da autora (2024).

Além das sementes PS1, utilizou-se a abobrinha caserta como testemunha dos testes de virose em bandeja, devido a sua suscetibilidade (Barbosa *et al.*, 2016; Beloti *et al.*, 2022). Esses tratamentos (sementes PS1 e abobrinha caserta) foram submetidos ao teste com o vírus ZYMV. Já na fase de campo, a abóbora ‘Samantha’ foi adotada como polinizadora, obtendo-se a população segregante do segundo cruzamento (PS2).

2.2.2 Produção de mudas

No dia 31 de outubro de 2022 foram semeadas as progênes PS1 e a abobrinha caserta em bandejas de polipropileno de 162 células. Destas células, em 18 foram semeadas a abobrinha caserta. Já as sementes da cultivar ‘Samantha’ foram semeadas separadamente no dia 18 de novembro de 2022, para serem fornecedoras de pólen nos cruzamentos com os indivíduos PS1.

2.2.3 Inoculação dos vírus

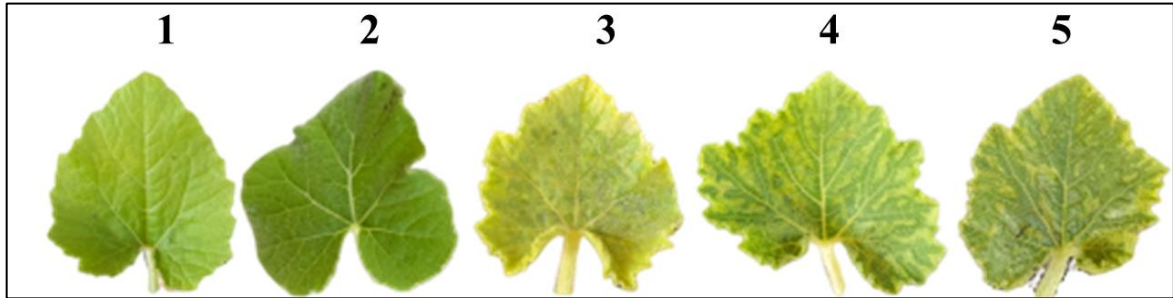
No dia 14 de novembro de 2022 (aos 14 dias após a semeadura) realizou-se a inoculação do vírus nas mudas. Os inóculos do vírus e as soluções foram disponibilizados pelo Laboratório de Virologia da UFLA. O extrato vegetal foi obtido a partir da maceração do tecido foliar com a presença dos vírus em solução tampão de fosfato 0,01M pH 7, contendo sulfito de sódio 0,01M, na proporção de 1g 5mL⁻¹. O tampão fosfato foi composto por fosfato dibásico e fosfato monobásico. A inoculação mecânica foi feita por fricção do extrato na parte adaxial das folhas cotiledonares e da primeira folha expandida das mudas, previamente pulverizadas com carbureto de silício (nome comercial Carborundum) (CSi). As plantas foram mantidas em casa de vegetação até o momento da avaliação.

2.2.4 Avaliação e seleção precoce

No dia 28 de novembro de 2022 (aos 14 dias após a inoculação) realizou-se a primeira avaliação em bandeja, por dois avaliadores, quanto a incidência dos sintomas nas 2^a e 3^a folhas expandidas, conforme metodologia adaptada de Menezes *et al.* (2015): 0 = sem sintomas visíveis; 1 = maioria das folhas sem sintomas, com uma ou algumas folhas com sintomas leves, principalmente clareamento das nervuras, e com ausência de bolhosidade foliar; 2 = maioria das folhas com sintomas leves, principalmente clareamento das nervuras ou manchas cloróticas esparsas, com clorose de até 20% da área foliar em uma ou algumas folhas, com pouca ou nenhuma bolhosidade foliar, e pouca ou nenhuma distorção foliar; 3 = maioria das folhas com mosaico, com sintomas variando de clareamento das nervuras a manchas cloróticas esparsas, com clorose de 20% a 50% da área foliar em uma ou algumas folhas, com nenhuma a moderada bolhosidade foliar, e com pouca ou nenhuma distorção foliar; 4 = maioria das folhas com mosaico sistêmico, com coalescência de áreas cloróticas, atingindo até 50% da área foliar em uma ou algumas folhas, com nenhuma a moderada bolhosidade foliar, e com nenhuma a

moderada distorção foliar; 5 = maioria das folhas com mosaico severo, com mais de 50% de sua área afetada em uma ou algumas folhas e/ou severamente distorcida, e com pouco ou severa bolhosidade foliar (Figura 2).

Figura 2 – Exemplos de sintomas encontrados durante a avaliação. UFLA, Lavras, MG, 2024.



Legenda: a representação demonstra uma folha, porém, analisou-se os sintomas nas 2ª e 3ª folhas para definir a nota.

Fonte: Da autora (2024).

Todas as mudas com sintomas de viroses foram eliminadas durante a avaliação.

2.2.5 Transplântio das mudas no campo

As mudas que apresentaram notas 0 e aquelas que apresentaram notas 1, ou com dúvidas relacionadas à expressão dos vírus, foram levadas ao campo no dia 29 de novembro de 2022 (aos 28 dias após a semeadura). O espaçamento entre plantas foi de 1,5 m e 3,0 m entre linhas. As plantas levadas ao campo foram transplantadas em sequência nos canteiros, sendo separadas por progênie conforme os híbridos parentais. Entre as progênies foram transplantadas as mudas da ‘Samantha’, totalizando 133 plantas.

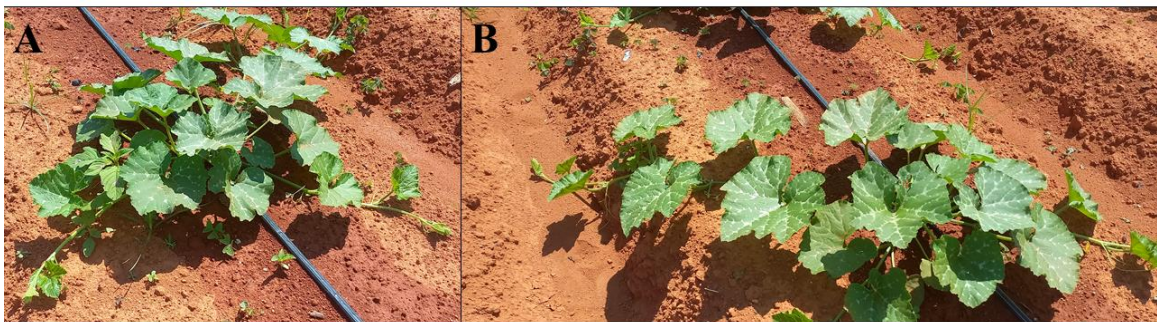
O preparo da área, os tratos culturais e a irrigação foram realizados conforme a recomendação para a cultura (Nick; Borém, 2017). Após o preparo do canteiro, realizou-se a adubação de plantio com 100 g planta⁻¹ de superfosfato simples e 150 g planta⁻¹ de NPK, formulação 04-14-08. Quatorze dias após o transplântio das mudas (DAT), realizou-se uma adubação de cobertura com a formulação 20-00-20; aos 27 DAT com a formulação 20-05-20; e aos 50 DAT com a formulação 20-05-20. Realizou-se duas aplicações do fungicida Ridomil a partir dos 27 DAT, visando o controle de oídio. Também efetuou-se três aplicações, a partir dos 35 DAT, de inseticidas alternados (Decis e Karate) para o controle de broca-dos-frutos (*Diaphania nitidalis*).

2.2.6 Avaliação e seleção no campo

No campo, realizou-se avaliações quanto a presença ou ausência de sintomas de viroses desde o transplântio, nos dias 29/12/2022 (30 DAT), 04/01/2023 (36 DAT), 09/01/2023 (41 DAT) 18/01/2023 (50 DAT) e 24/01/2023 (56 DAT). A fim de eliminar as plantas com sintomas, dois avaliadores atribuíram notas as características: bordas franzidas, bolhosidade, subdesenvolvimento, estreitamento foliar, cordão de sapato, deformação foliar, enrolamento foliar, enação e mosaico (Ramos; Lima; Gonçalves, 2003), a partir da escala de notas desenvolvida: 0= ausente; 1= pouco; 2= médio; 3=muito. Após as avaliações, os indivíduos identificados com pelo menos um dos sintomas de viroses foram imediatamente eliminados da área experimental.

No campo também avaliou-se o hábito de crescimento dos indivíduos remanescentes (sem sintomas) no dia 05 de fevereiro de 2023 (68 DAT), por meio do consenso de dois avaliadores. Estes indivíduos foram classificados como de rama longa (L), *bush* (B) ou *semibush* (SB) (Figura 3).

Figura 3 – Indivíduos com hábito de crescimento *semibush* (A) e rama longa (B). UFLA, Lavras, MG, 2024.



Fonte: Da autora (2024).

2.2.7 Cruzamentos controlados

Quando restaram apenas os indivíduos tolerantes ao vírus, realizou-se pelo menos um cruzamento manual em cada um destes indivíduos com a polinizadora ‘Samantha’, no período da manhã. Para isso, no dia anterior à abertura da flor feminina no indivíduo PS1 e da flor masculina na ‘Samantha’, foram protegidas com lã, saco de papel e clips. No próximo dia, efetuou-se a polinização, passando os estames da flor masculina do polinizador no estigma da flor feminina a ser polinizada. A proporção de flores masculinas para femininas foi de 1:1. Posteriormente, a flor feminina foi identificada com lã e protegida novamente com saco de

papel e clips até o pegamento do fruto. Ao final, o número de frutos viáveis variou em função do pegamento dos cruzamentos controlados.

2.2.8 Colheita e avaliação dos frutos

As colheitas dos frutos foram realizadas após o completo desenvolvimento, ou seja, quando os pedúnculos começaram a secar, apresentando alteração da coloração de verde para aspecto corticoso (Amaro *et al.*, 2014). Foi considerado que os tratamentos avaliados apresentavam diferentes níveis de precocidade, com isso, as colheitas variaram para cada híbrido. Logo, as colheitas em número de nove foram realizadas nos dias 09/03/2023, aos 100 DAT; 16/03/2023, aos 107 DAT; 20/03/2023, aos 111 DAT; 28/03/2023, aos 119 DAT; 03/04/2023, aos 125 DAT; 10/04/2023, aos 132 DAT; 18/04/2023, aos 140 DAT; 24/04/2023, aos 146 DAT; e 03/05/2023, aos 155 DAT. Após a colheita, os frutos colhidos permaneceram por um período de sete dias em repouso para completar a maturação das sementes. Em seguida, foram realizadas as avaliações agrônômicas dos frutos de cada parcela:

- a) *Número de frutos* (NP, em unidade): contabilizou-se o número de frutos cruzados colhidos por planta;
- b) *Massa do fruto* (PF, em kg): aferiu-se a massa do fruto individualmente em balança;
- c) *Espessura da polpa* (EP, em cm) e *espessura da casca* (EC, em mm): após o corte transversal de três frutos escolhidos aleatoriamente, mediu-se a espessura com o paquímetro e, em seguida, fez-se a média dos frutos;
- d) *Altura do fruto* (AF, em cm), *diâmetro do fruto* (DF, em cm) e *diâmetro da cavidade interna do fruto* (DCI, em cm): obtidos pela medição, com fita métrica, nos mesmos frutos que se avaliou EP e EC;
- e) *Barriga branca* (BB), em que 1= muito presente; 2= presente; 3= presença média; 4= pouco presente; 5= ausente (desejável);
- f) *Formato de fruto* (FF), em que 1= muito chato, 2= chato, 3= redondo, 4= redondo achatado e 5= redondo alto (desejável);
- g) *Tamanho de fruto* (TF), em que 1= muito pequeno (diâmetro do fruto ≤ 10 cm), 2= pequeno (diâmetro do fruto 11 a 13 cm), 3= médio (diâmetro do fruto 14 a 17 cm), 4= bom (diâmetro do fruto 18 a 20 cm) e 5= muito bom (diâmetro do fruto 21 a 25 cm) (desejável);
- h) *Coloração da casca* (CC), em que 1= ruim (aspecto carijó), 2= regular, 3= verde médio, 4= verde escuro e 5= verde muito escuro (desejável);

- i) *Coloração da polpa (CP)*, em que 1= ruim, 2= regular, 3= média, 4= alaranjada e 5= muito alaranjada (desejável).
- j) *Uniformidade da coloração externa dos frutos (UCE)*, em que 1= muito ruim, 2= ruim, 3= média, 4= bom e 5= muito bom (desejável);
- k) *Textura da casca (TC)*, em que 1= muito enrugada, 2= enrugada, 3= pouco enrugada, 4= levemente enrugada e 5= lisa (desejável) (adaptado de Miranda et al. (2017));
- l) *Umidade da polpa (UP)*, em que 1= muito úmida, 2= úmida, 3= umidade média, 4= enxuta e 5= muito enxuta (desejável);
- m) *Sementes viáveis (SV, em unidade)*: contabilizou-se o número de sementes viáveis por fruto;
- n) *Massa média unitária de semente (MMUS, em gramas)*: aferiu-se a massa das sementes viáveis dos frutos e dividiu-se pela quantidade de sementes do fruto.

Após a avaliação dos frutos, extraiu-se as sementes PS2, que após a secagem foram armazenadas para a condução de novos ciclos do programa de melhoramento.

2.3 Análises dos dados

Os dados de incidência de virose foram analisados de forma descritivas, nas fases de bandeja e campo, sendo expressos por valores absolutos e/ou percentuais (%):

- a) *Fase de bandeja*: quantificou-se *i)* o número de indivíduos semeados por progênie; *ii)* as mudas viáveis e inoculadas; *iii)* as mudas tolerantes ao ZYMV, pelo teste de bandeja, que foram levadas ao campo.
- b) *Fase de campo*: quantificou-se *i)* os indivíduos mortos por fatores não relacionados às viroses, que foram desconsideradas das próximas análises; *ii)* os indivíduos selecionados por tolerância à virose nesta fase, considerando dos indivíduos selecionados em bandeja até os selecionados no campo.
- c) *Total de plantas*: quantificou-se *i)* os indivíduos tolerantes em todas as etapas (inoculação até campo).
- d) *Produção de frutos e sementes viáveis*: quantificou-se *i)* os indivíduos selecionados na fase de campo, que possuíam frutos e sementes obtidos dos cruzamentos com a ‘Samantha’; *ii)* os frutos cruzados e com sementes viáveis.

Destaca-se que as sementes não germinadas, as mudas não inoculadas em virtude da ausência de germinação no momento da inoculação, e as plântulas mortas em bandeja ou no campo foram eliminadas durante as avaliações das mudas.

As características quantitativas e qualitativas foram analisadas pelas medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) e de posição (média). Também realizou-se a análise de agrupamento com os dados fenotípicos, por meio da matriz de dissimilaridade de Gower. Os resultados da matriz foram expressos pelo método de grupo de pares não ponderados usando médias aritméticas (UPGMA). Para determinar a confiabilidade dos dados e a coerência do agrupamento, estimou-se o coeficiente de correlação cofenética. A significância da correlação entre a matriz cofenética e a matriz com as distâncias originais foi aferida pelo Teste de Mantel (1967) à 1% de probabilidade, considerando 1000 reamostragens. O ponto de corte (PC) foi determinado pelo Método de Mojena (1977) (Equação 1):

$$PC = m + k * dp \quad (1)$$

Em que, m é a estimativa não enviesadas da média; k é a constante igual a 1,25, conforme estabelecido por Milligan e Cooper (1985); e dp é o desvio padrão.

Além disso, realizou-se a análise de componentes principais (PCA) entre as características que participaram da análise de agrupamento.

Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2022). A análise de componentes principais foi realizada por meio da função *PCA* da biblioteca *FactoMineR* (Husson *et al.*, 2020), e a extração e visualização das variâncias das dimensões através da função *eigenvalue* da biblioteca *factoextra* (Kassambara; Mundt, 2020). O Teste de Mantel foi realizado através da biblioteca *ape* (Paradis; Schliep, 2019). Os gráficos foram produzidos através da biblioteca *ggplot2* (Wickham, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As progênies apresentaram mais de 73% de mudas viáveis até o momento da inoculação do ZYMV, com exceção da PS1HE-18ZYMV que apresentou 57,64% de mudas desenvolvidas (Tabela 2). Com a análise geral de todas as progênies, observou-se que das 648 sementes obtidas, 72,22% germinaram e, portanto, as mudas obtidas foram inoculadas.

Do total de mudas germinadas e inoculadas, selecionou-se 15,81% como tolerantes ao vírus ZYMV na fase de seleção precoce (Tabela 2). Contudo, verificou-se que houve uma variação de 4,72% a 42,34% entre as progênies, sendo que a PS1HE-35ZYMV foi a de melhor desempenho. Esse teste em bandeja é de extrema relevância para a diminuição do número de mudas levadas ao campo, o que reduz a necessidade de maior área experimental, custos e tempo

para obtenção dos resultados. Vale ressaltar que todas as mudas da abobrinha caserta, utilizadas apenas para comprovar a eficiência da inoculação do vírus, apresentaram suscetibilidade, como também observado no estudo de Beloti *et al.* (2022).

Ao final da seleção em campo, 50,00% do total de indivíduos obtidos anteriormente via seleção precoce foram mantidos, confirmando sua tolerância a ZYMV, correspondendo a 31 indivíduos (Tabela 2). Deste total, a progênie PS1HE-12ZYMV foi a que apresentou o maior percentual de indivíduos selecionados (75,00%). Ressalta-se ainda que a progênie PS1HE-16ZYMV não apresentou nenhum indivíduo identificado como tolerante ao ZYMV.

Considerando as mudas viáveis e inoculadas que foram selecionadas até a fase de campo, 4,06% apresentaram tolerância ao vírus (Tabela 2). Ainda observou-se que a porcentagem de indivíduos tolerantes ao vírus nas progênies foi de 1,82% para PS1HE-07ZYMV, 3,45% para PS1HE-12ZYMV, 0,00%, para PS1HE-16ZYMV, 2,41% para PS1HE-18ZYMV e 11,71% para PS1HE-35ZYMV. Assim, verificou-se que a progênie PS1HE-35ZYMV foi a mais tolerante ao vírus. Pela segregação observada não é possível sugerir sobre a herança da tolerância ao vírus, já que além da segregação do híbrido interespecífico, tem-se a segregação dos doadores de pólen (híbrido intraespecífico e OP). Isso torna complexo o entendimento das gerações iniciais, sobretudo, por não sabermos o parental masculino de cada indivíduo das PS1.

Após a seleção dos 31 indivíduos tolerantes ao ZYMV, apenas 19 destes indivíduos apresentaram frutos com sementes viáveis, correspondendo a 61,29% do total de indivíduos tolerantes (Tabela 2). No geral, o número de sementes por fruto foi satisfatório, contudo, após a extração, secagem e seleção das sementes completamente formadas, verificou-se um número significativo de sementes inviáveis. Por essa razão, os frutos desses 12 indivíduos foram desconsiderados. As plantas e os frutos dos 19 indivíduos tolerantes ao ZYMV e com sementes viáveis foram caracterizados na Tabela 3.

Tabela 2 – Incidência de *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) em progênies PS1 de abóbora. UFLA, Lavras, MG, 2024.

Progênie PS1 ¹	ZYMV											
	Seleção precoce			Seleção em campo			Total	Produção de frutos e sementes viáveis				
	Células semeadas	Mudas viáveis e inoculadas	Mudas tolerantes pelo teste de bandeja	Indivíduos mortos ²	Indivíduos selecionados da bandeja ao campo	Indivíduos tolerantes em todas as etapas	Indivíduos selecionadas e com frutos e sementes obtidos dos cruzamentos	Frutos cruzados e com sementes viáveis				
	<i>unidade</i>	<i>unidade</i>	%	<i>unidade</i>	%	%	<i>unidade</i>	%	<i>Unidade</i>			
PS1HE-07ZYMV	142	110	77,46	10	9,09	0	4	40,00	1,82	2	50,00	3
PS1HE-12ZYMV	74	58	78,38	6	10,34	2	3	75,00	3,45	2	66,67	4
PS1HE-16ZYMV	144	106	73,61	5	4,72	1	0	00,00	0,00	0	00,00	0
PS1HE-18ZYMV	144	83	57,64	6	7,23	0	4	66,67	2,41	2	50,00	3
PS1HE-35ZYMV	144	111	77,08	47	42,34	9	20	52,63	11,71	13	65,00	20
Total	648	468	72,22	74	15,81	12	31	50,00	4,06	19	61,29	30

¹O código das progênies PS1 representam a população segregante do primeiro cruzamento, o híbrido experimental parental e o vírus testado, respectivamente. ²Indivíduos mortos por fatores não relacionados à virose.

Fonte: Da autora (2024).

Tabela 3 – Identificação dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 de abóbora tolerantes ao vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e caracterização de seu(s) respectivo(s) fruto(s) obtido(s) do cruzamento que apresentou(aram) sementes viáveis, quanto as características hábito de crescimento (HC), número de frutos (NF), massa do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis (SV) e massa média unitária de semente (MMUS). UFLA, Lavras, MG, 2024. (continua...)

Frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 ¹	ZYMV																	
	HC ²	NF ³	PF	AF	DF	EC	EP	DCI	BB	FF	TF	CC	CP	UCE	TC	UP	SV	MMUS
	-	<i>uni.</i>	<i>kg</i>	<i>cm</i>	<i>cm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>cm</i>				<i>nota</i>					<i>uni. fruto⁻¹</i>	<i>g</i>
I7PS1HE-07ZYMV	SB	1	2,00	8,5	18,9	3,8	23,9	14,0	5	2	4	2	4	2	4	4	51	0,17
I9PS1HE-07ZYMV	L	2	1,76	11,2	18,2	2,3	31,6	10,8	2,5	3	4	4	2	3	4	4	37,5	0,13
Média	-	-	1,88	9,85	18,53	3,03	27,75	12,38	3,75	- ⁵	4,00	3,00	3,00	2,50	4,00	4,00	44,25	0,15
Desvio padrão	-	-	0,17	1,91	0,53	1,10	5,44	2,30	1,77	0,71	0,00	1,41	1,41	0,71	0,00	0,00	9,55	0,03
CV (%) ⁴	-	-	0,09	0,19	0,03	0,36	0,20	0,19	0,47	0,28	0,00	0,47	0,47	0,28	0,00	0,00	0,22	0,20
I4PS1HE-12ZYMV	SB	2	4,44	13,2	23,9	3,8	46,8	13,9	2	2	5	3	3	4	4	5	17	0,18
I5PS1HE-12ZYMV	L	2	3,06	15,9	23,0	2,1	32,1	17,2	3,5	5	5	4	5	3	4	5	22,5	0,19

Tabela 3 – Identificação dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 de abóbora tolerantes ao vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e caracterização de seu(s) respectivo(s) fruto(s) obtido(s) do cruzamento que apresentou(aram) sementes viáveis, quanto as características hábito de crescimento (HC), número de frutos (NF), massa do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis (SV) e massa média unitária de semente (MMUS). UFLA, Lavras, MG, 2024. (continua...)

Frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 ¹	ZYMV																	
	HC ²	NF ³	PF	AF	DF	EC	EP	DCI	BB	FF	TF	CC	CP	UCE	TC	UP	SV	MMUS
	-	uni.	kg	cm	cm	mm	mm	cm				nota					uni. fruto ⁻¹	g
Média	-	-	3,75	14,53	23,45	2,95	39,45	15,53	2,75	3,50	5,00	3,50	4,00	3,50	4,00	5,00	19,75	0,18
Desvio padrão	-	-	0,98	1,94	0,64	1,20	10,39	2,37	1,06	2,12	0,00	0,71	1,41	0,71	0,00	0,00	3,89	0,00
CV (%)	-	-	0,26	0,13	0,03	0,41	0,26	0,15	0,39	0,61	0,00	0,20	0,35	0,20	0,00	0,00	0,20	0,02
I1PS1HE-18ZYMV	SB	1	1,03	7,3	15,2	1,5	19,0	10,1	4	2	2	4	3	4	3	4	5	0,26
I2PS1HE-18ZYMV	L	2	1,61	9,3	17,8	3,6	20,6	12,9	3	2	3	3	4	3	4	2,5	173,5	0,18
Média	-	-	1,32	8,30	16,48	2,53	19,78	11,48	3,50	-	2,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,25	89,25	0,22
Desvio padrão	-	-	0,41	1,41	1,80	1,45	1,10	1,94	0,71	0,00	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	1,06	119,15	0,06
CV (%)	-	-	0,31	0,17	0,11	0,57	0,06	0,17	0,20	0,00	0,28	0,20	0,20	0,20	0,20	0,33	1,33	0,27
I4PS1HE-35ZYMV	L	1	4,68	12,4	26,6	3,9	43,0	18,8	4	2	4	4	5	4	3	3	6	0,19
I5PS1HE-35ZYMV	SB	1	1,50	12,6	15,0	1,9	27,5	10,0	4	3	3	4	5	3	4	1	136	0,19
I11PS1HE-35ZYMV	SB	1	1,61	11,7	17,6	3,0	24,9	10,7	5	4	3	4	4	4	5	2	79	0,17
I12PS1HE-35ZYMV	L	1	0,75	7,7	12,7	3,0	20,0	8,0	3	2	2	3	5	3	4	5	116	0,17
I16PS1HE-35ZYMV	L	1	2,11	12,0	19,7	1,9	30,6	13,5	3	4	4	4	4	4	4	4	3	0,17
I22PS1HE-35ZYMV	L	2	4,39	12,0	23,8	2,5	39,8	14,5	2,5	2	5	5	5	4,5	4	3	49,5	0,20
I26PS1HE-35ZYMV	L	2	0,99	10,5	14,1	2,2	21,0	9,5	3	3	2,5	3	3	3	3,5	4	63,5	0,17
I28PS1HE-35ZYMV	L	1	2,21	12,4	18,4	3,0	23,0	11,5	3	4	4	4	3	4	3	5	144	0,20
I29PS1HE-35ZYMV	L	2	1,93	11,0	17,8	3,8	25,0	11,3	2,5	3	3,5	4	4,5	4	4	4	155,5	0,18
I35PS1HE-35ZYMV	SB	2	1,16	8,1	14,7	2,0	20,6	9,1	2	2	3	3,5	4	3,5	4	3	53	0,15
I39PS1HE-35ZYMV	L	2	0,71	13,6	11,7	3,0	19,0	8,1	3,5	4	1,5	4	5	3,5	4,5	2,5	110	0,09
I40PS1HE-35ZYMV	L	2	1,54	11,2	17,4	2,4	27,3	11,7	5	2	3	1	4,5	1,5	4	2	65,5	0,16
I42PS1HE-35ZYMV	SB	2	2,25	16,3	20,0	2,1	29,4	14,1	1	4	4,5	4	2,5	3	4	4	58	0,47
Média	-	-	1,99	11,65	17,64	2,66	27,00	11,59	3,19	-	3,31	3,65	4,19	3,46	3,92	3,27	79,92	0,19
Desvio padrão	-	-	1,24	2,19	4,25	0,67	7,37	3,02	1,13	0,91	0,99	0,94	0,88	0,78	0,53	1,20	49,29	0,09
CV (%)	-	-	0,63	0,19	0,24		0,27	0,26	0,35	0,30	0,30	0,26	0,21	0,22	0,14	0,37	0,62	0,45

Tabela 3 – Identificação dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 de abóbora tolerantes ao vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) e caracterização de seu(s) respectivo(s) fruto(s) obtido(s) do cruzamento que apresentou(aram) sementes viáveis, quanto as características hábito de crescimento (HC), número de frutos (NF), massa do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis (SV) e massa média unitária de semente (MMUS). UFLA, Lavras, MG, 2024. (conclusão)

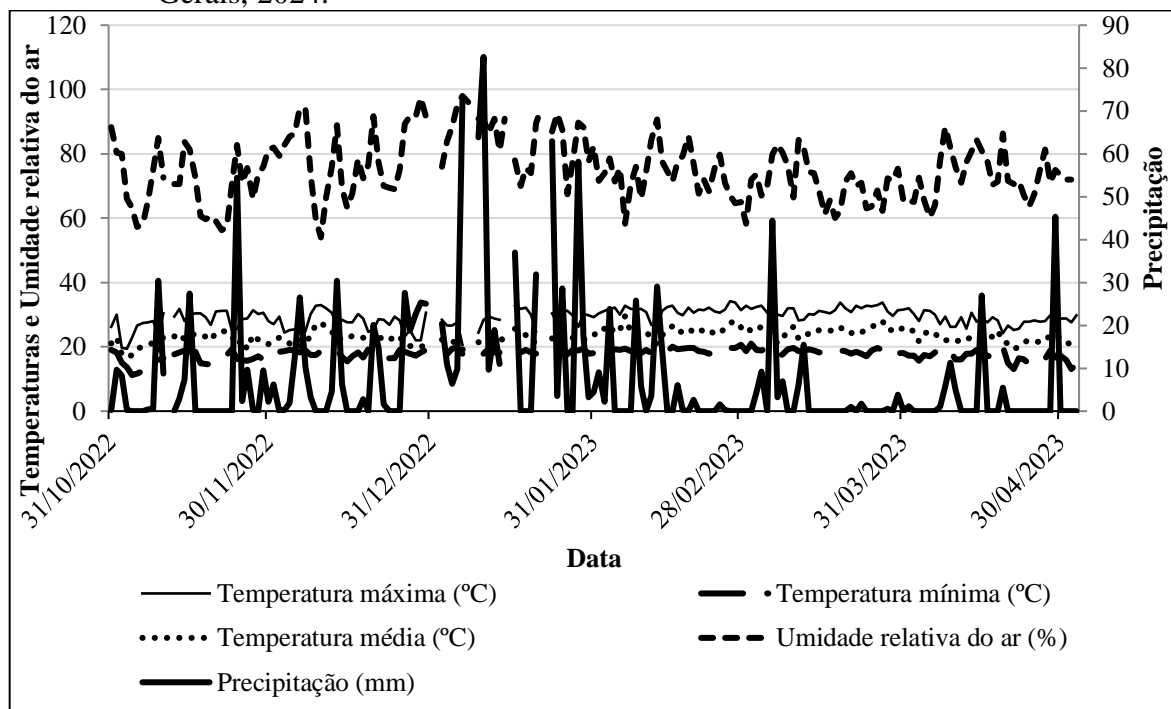
Frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2	ZYMV																	
	HC ²	NF ³	PF	AF	DF	EC	EP	DCI	BB	FF	TF	CC	CP	UCE	TC	UP	SV	MMUS
	-	uni.	kg	cm	cm	mm	mm	cm				nota					uni. fruto ⁻¹	g
Média geral	-	-	2,09	11,41	18,22	2,72	27,63	12,08	3,24	-	3,47	3,55	3,97	3,37	3,89	3,53	70,82	0,19
Desvio padrão geral	-	-	1,22	2,49	3,99	0,77	8,16	2,90	1,08	0,99	1,05	0,90	0,96	0,76	0,49	1,16	53,67	0,08
CV geral (%)	-	-	0,58	0,22	0,22	0,28	0,30	0,24	0,34	0,34	0,30	0,25	0,24	0,23	0,13	0,33	0,76	0,40

¹O código dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 representam o número do indivíduo PS1 no campo, a população segregante do primeiro cruzamento (PS1), o híbrido experimental parental e o vírus testado, respectivamente. ²HC: SB= semibush; L= rama longa. ³Para os indivíduos que possuíam mais de 1 fruto cruzado, representou-se as médias das características. ⁴CV (%): coeficiente de variação experimental. ⁵A média de FF não foi apresentada devido não representar uma escala contínua.

Fonte: Da autora (2024).

A Estação Climatológica Principal de Lavras, localizada no Câmpus da UFLA (altitude: 918 m; latitude: 21°14' S; longitude: 45°00' W), a 18 km do CDTT, demonstrou que as condições durante o experimento foram temperatura máxima média de 29,13 °C, temperatura mínima média de 17,79 °C, temperatura média de 23,21 °C, umidade relativa do ar média de 74,38% e precipitação acumulada de 1.310,90 mm (Figura 4) (INMET, 2023).

Figura 4 - Temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação no período de 31 de outubro de 2022 (semeadura) a 03 de maio de 2023 (última colheita dos frutos PS1). Estação Climatológica Principal de Lavras, Minas Gerais, 2024.



Legenda: dados nulos não mensurados pela Estação Climatológica Principal de Lavras não estão apresentados no gráfico.

Fonte: Da autora (2024).

O baixo pegamento de frutos pode estar relacionado à elevada precipitação acumulada no decorrer do experimento (Figura 1). Essas chuvas se concentraram principalmente no mês de janeiro de 2023, quando ocorreu o pico de florescimento das plantas. Isso acarretou no maior acúmulo de umidade nas flores protegidas, reduzindo o pegamento dos frutos. Com isso, embora buscou-se efetuar dois cruzamentos controlados por indivíduo, em alguns indivíduos possibilitou-se apenas o pegamento de um fruto (Tabelas 2 e 3).

Os frutos de todos os indivíduos identificados como tolerantes ao vírus ZYMV apresentaram massa média de fruto de 2,09 kg (Tabela 3). Além disso, apresentaram altura de

fruto de 11,41 cm, diâmetro de fruto de 18,22 cm e diâmetro da cavidade interna de 12,08 cm. É válido ressaltar que não foi expressa a média de formato de fruto, visto que a escala de notas para esta característica não é contínua. Assim, a conclusão sobre o formato deve ser tomada perante a observação de cada indivíduo das progênies.

Outras características da população PS1 são a espessura média da casca dos frutos de 2,72 mm e a espessura da polpa de 27,63 mm, além de presença mediana de barriga branca (nota 3,24), tamanho de fruto médio (nota 3,47), coloração da casca verde escura (nota 3,55), coloração da polpa alaranjada (nota 3,97), uniformidade mediana da coloração externa do fruto (nota 3,37), textura da casca levemente enrugada (nota 3,89) e umidade da polpa enxuta (nota 3,53). Além disso, obteve-se em média 70,82 sementes viáveis por fruto, com massa unitária de 0,19 g. Estas características indicam que dentro da expressiva variabilidade na geração PS1, em média há indivíduos potenciais para seleção e avanço para características quantitativas e qualitativas, visando a seleção em busca de melhores desempenhos dentro da progênie.

Todas as progênies apresentaram segregação para os hábitos de crescimento *semibush* (SB) e rama longa (L) (Tabela 3). Neste programa de melhoramento genético, que visa selecionar indivíduos com hábito compacto, encontrou-se apenas sete indivíduos SB. Considerando os parentais, os HE apresentaram hábito de crescimento L, a polinizadora ‘Samantha’ SB e a polinizadora ‘Moranga Exposição’ L. Segundo as observações microscópicas de Wu *et al.* (2007), o hábito B é decorrente da inibição do alongamento celular, e proporcionam o maior adensamento das plantas, com frutos de menor massa, porém, com maior produtividade por hectare.

Há estudos que demonstram que o comprimento da rama é controlado por dois pares de genes dominantes comuns em *Cucurbita maxima* (Singh, 1949), e por um par de alelos em *C. moschata*, sendo que o hábito bush (B) se deve ao gene Bu em homozigose dominante e o SB ocorre em virtude do gene em heterozigose (Zhang *et al.*, 2015). Considerando que o parental ‘Samantha’ possui hábito semibush, com um alelo em dominância (Bu), era esperado que com a segregação na geração PS1 não apresentassem indivíduos tipo B.

No estudo de Uretsky e Loy (2017), que se avaliaram híbridos interespecíficos obtidos do cruzamento de uma linhagem B de *C. maxima* cruzada com duas cultivares de L de *C. moschata*, observaram o fenômeno “reversão da dominância no desenvolvimento”, descrita por Shifriss (1947). Esse fenômeno indica que as plantas heterozigotas para o gene Bu, denominadas de hábito SB, apresentaram inicialmente um hábito B e, posteriormente, entrenós sucessivamente mais longos, semelhante ao hábito L. O estudo de Zhang *et al.* (2015) também identificou esse fenômeno, em que a linha de hábito L (256 cm de comprimento da rama) e a

linha de hábito B (73 cm de comprimento da rama), geraram plantas F₁ com comprimento intermediário da rama de 154 cm. Enquanto na população F₂ houve segregação transgressiva para o comprimento da rama, sendo o valor médio desviado para o parental de rama L.

O uso da polinizadora ‘Moranga Exposição’ com hábito de crescimento distinto do SB foi um dos principais fatores para a predominância de indivíduos com hábito L na geração PS1. Wu *et al.* (2007) sugerem que para obter indivíduos compactos, o polinizador deve apresentar o hábito compacto. Nesse sentido, para ampliar a variabilidade genética nesta população estudada, pode-se realizar a introgressão do gene Bu de uma espécie de *Cucurbita* sp. com hábito bush (Laurindo *et al.*, 2017).

De todas as progênes estudadas, a PS1HE-12ZYMV apresentou a massa de fruto superior às demais, com massa média de 3,75 kg (Tabela 3). Dentro desta progênie, o indivíduo I4PS1HE-12ZYMV, além do hábito SB, apresentou a maior massa média de frutos (4,44 kg fruto⁻¹). Observa-se que o parental deste indivíduo, o híbrido HE-12, também apresentou a maior massa média de fruto total (1,84 kg fruto⁻¹) em relação aos demais parentais (Tabela 1). Isso afirma o potencial desta progênie para a produtividade de frutos, embora a massa desse indivíduo seja muito elevada quando comparada aos híbridos vendidos no mercado, em que frutos em torno de 2 kg apresentam maior valor de venda (CEAGESP, 2024). Contudo, sabe-se que as linhagens de *C. maxima* e de *C. moschata* não necessitam apresentar um bom tamanho de fruto para que seu híbrido seja compatível ao exigido pelo mercado. Isso porque, o que garante uma massa final adequada é a heterose entre as linhagens. Por isso, neste momento inicial do programa de melhoramento, a massa do fruto não é determinante. Por outro lado, a coloração da casca e a espessura da polpa são bons atributos para selecionar as melhores progênes.

Levando-se em consideração os indivíduos com hábito SB, os indivíduos das progênes PS1HE-18ZYMV e PS1HE-35ZYMV apresentaram as melhores colorações da casca, ou seja, verde escuro (nota 4) (Tabela 3). Entretanto, a coloração da casca deve ser analisada junto a característica de uniformidade da coloração externa. Isso porque o fruto pode ser escuro, porém, desuniforme. Nesse sentido, as melhores notas de uniformidade foram obtidas no I4PS1HE-12ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV e I11PS1HE-35ZYMV, demonstrando uma boa uniformidade da coloração. Já em relação a espessura da polpa, o indivíduo I4PS1HE-12ZYMV foi destaque com 46,8 mm, sendo proporcional à massa do fruto, visto que foi o maior fruto da população (Tabela 3). As demais espessuras dos indivíduos com hábito SB variaram de 19,0 mm (I1PS1HE-18ZYMV) a 29,4 mm (I42PS1HE-35ZYMV). O desvio desses valores de espessura

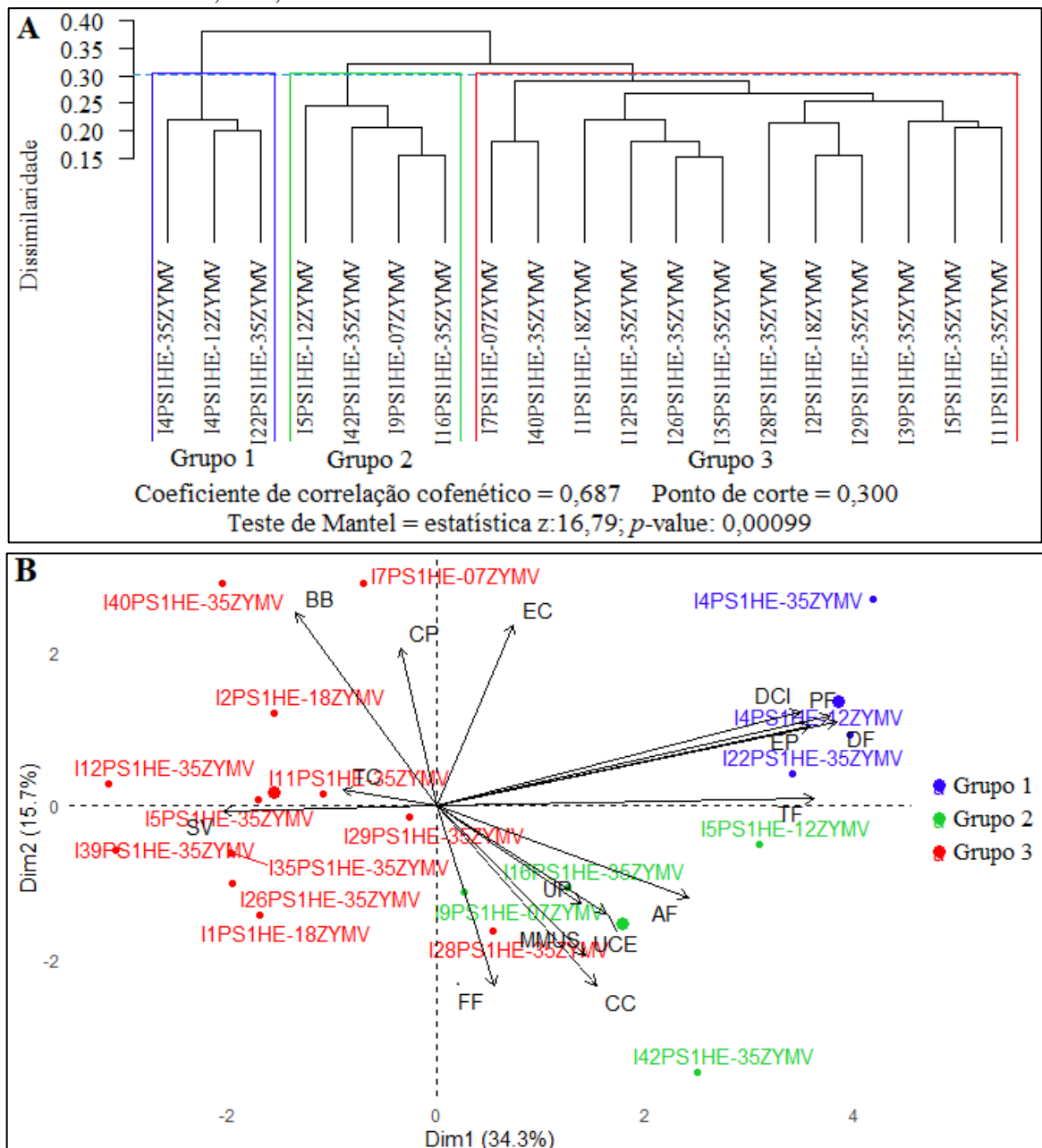
da polpa são consideráveis, mas as maiores espessuras da polpa são desejáveis, pois maior será o aproveitamento do fruto (Laurindo *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2021).

Contudo, os sete indivíduos com o hábito SB (I7PS1HE-07ZYMV, I4PS1HE-12ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV, I5PS1HE-35ZYMV, I11PS1HE-35ZYMV, I35PS1HE-35ZYMV e I42PS1HE-35ZYMV) devem ser considerados neste início do programa de melhoramento, para não restringir significativamente a variabilidade genética. Estes indivíduos poderão ser avançados separadamente como progênies distintas para tolerância ao ZYMV, ou ainda serem cruzados com cultivares comerciais com resistência ou tolerância ao vírus. Segundo Paris e Brown (2005) as fontes de resistência ao ZYMV comumente utilizadas nos programas de melhoramento são *C. ecuadorensis*, cruzada com *C. maxima*, cuja resistência é conferida por um gene recessivo (zym^{ecu}); e *C. moschata*, cruzada com *C. moschata* ou *C. pepo*, sendo que os genes em locus distintos já encontrados em *C. moschata* foram zym^{mos} (recessivo) (Robinson *et al.*, 1988), $m-zym^{mos}$ (em heterozigotos) (Pachner; Lelley, 2004), Zym-0 (dominante) (Brown *et al.*, 2003; Munger; Provvidenti, 1987; Pachner; Lelley, 2004), Zym-1 (dominante) (Pachner; Lelley, 2004; Paris *et al.*, 1988) e os genes dominantes complementares Zym-2 e Zym-3 (Paris; Cohen, 2000). É válido mencionar que a polinizadora ‘Samantha’ não apresenta tolerância ou resistência ao ZYMV. Isso acarretará em constantes seleções de indivíduos tolerantes nas gerações segregantes.

Neste contexto de planejar os próximos passos deste programa de melhoramento genético é relevante a caracterização dos indivíduos segregantes na próxima geração quanto a espécie de Cucurbita. Isso porque, se necessário a introgressão de genes de tolerância ou resistência ao ZYMV, será importante definir a espécie portadora do gene a ser cruzada com as espécies de *C. maxima* e *C. moschata* presentes na população.

A análise de agrupamento dos indivíduos com tolerância ao vírus ZYMV resultou na formação de três grupos distintos (Figura 5A). Este agrupamento apresentou boa correlação cofenética (0,687), indicando que o dendrograma gerado apresenta um bom grau de ajuste entre a matriz de distâncias do dendrograma e a matriz de distâncias originais (Cruz *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2022), ou seja, o agrupamento é representativo da diversidade existente.

Figura 5 - Análises de agrupamento (A) e de componentes principais (B) com base nas características agrônômicas de massa do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis (SV) e massa média unitária de semente (MMUS) avaliadas em progênie PS1 de abóbora tolerantes ao vírus *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV). UFLA, Lavras, MG, 2024.



Fonte: Da autora (2024).

Os grupos formados não apresentaram exclusivamente uma progênie, indicando que há alta variabilidade na população. Isso era esperado, já que a geração PS1 é a de maior variabilidade genética. Essa variabilidade é importante no início do programa de melhoramento,

para formação do germoplasma, em que os indivíduos serão avançados ou utilizados para intercruzamentos.

A PCA explicou 50,0% (componente principal 1 [CP1] + componente principal 2 [CP2]) da variação total observada entre os híbridos, considerando as 16 características independentes (Figura 5B). Outros estudos com abóbora têm demonstrado ser comum baixos valores da somatória das dimensões, como o trabalho de Kong *et al.* (2014) que encontrou 38,8%. Uma possível razão para esse resultado é o elevado número de características avaliadas em conjunto. Evidencia-se ainda que é válida a interpretação da análise de agrupamento (UPGMA) junto a PCA. Isso porque a PCA aponta as principais características que contribuíram para a formação dos grupos heteróticos identificados pela análise UPGMA.

Nesse sentido, o Grupo 1, composto pelos indivíduos I4PS1HE-12ZYMV, P4PS1HE-35ZYMV e I22PS1HE-35ZYMV, destacou pela sua maior massa de fruto, diâmetro do fruto, diâmetro da cavidade interna, espessura da polpa e tamanho do fruto (Figura 5A). Já o Grupo 2, formado pelos indivíduos I9PS1HE-07ZYMV, I5PS1HE-12ZYMV, I16PS1HE-35ZYMV e I42PS1HE-35ZYMV, se destacou nas características de formato de fruto, coloração da casca, massa unitária da semente, uniformidade da coloração externa, umidade da polpa, altura do fruto e tamanho do fruto. Enquanto o Grupo 3, com os 12 indivíduos restantes, representa o maior grupo e com maior distribuição na PCA, em que a espessura da casca, coloração da polpa, barriga branca, textura da casca e número de sementes viáveis são as principais características responsáveis pelo agrupamento. Observa-se ainda neste grupo, o indivíduo I28PS1HE-35ZYMV, que embora seja similar ao Grupo 3, está entre os indivíduos do Grupo 2.

Dos sete indivíduos com hábito SB, observa-se que cinco (I7PS1HE-07ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV, I5PS1HE-35ZYMV, I11PS1HE-35ZYMV e I35PS1HE-35ZYMV) estão alocados no grupo 3, enquanto um está no grupo verde (I42PS1HE-35ZYMV) e outro no azul (I4PS1HE-12ZYMV) (Figura 3A). Portanto, estes indivíduos de cada grupo apresentam desempenho agrônômico similar. Além disso, é importante que tenha indivíduos em grupos distintos para que garanta a variabilidade genética na próxima geração e a chance de sucesso com a seleção de linhagens em gerações mais avançadas.

4 CONCLUSÕES

A progênie PS1HE-35ZYMV é a mais tolerante ao ZYMV e a progênie PS1HE-16ZYMV não apresenta nenhuma tolerância ao ZYMV.

Os frutos dos indivíduos PS1 com o hábito SB e tolerantes ao ZYMV (P7PS1HE-07ZYMV, I4PS1HE-12ZYMV, I1PS1HE-18ZYMV, I5PS1HE-35ZYMV, I11PS1HE-35ZYMV, I35PS1HE-35ZYMV e I42PS1HE-35ZYMV) deverão ser selecionados para a próxima etapa do programa de melhoramento genético de abóbora tipo Tetsukabuto.

REFERÊNCIAS

- ABDEIN, M. A. E.; HASSAN, H. M. F.; DALIA, H. M. General performance, combining abilities and heritability of yield and yield component traits in pumpkin (*Cucurbita moschata* Poir.) at different conditions. **Current Applied Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 121-129, 2017.
- ALMEIDA, A. B. de; LIMA, T. M. de; OLIVEIRA FILHO, J. G. de; SANTANA, R. V.; LIMA, D. S.; MOREIRA, E. A.; EGEA, M. B. Relation between physicochemical characteristics and sensory profiles of cooked pumpkin varieties. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 31, n. 9, p. 697-707, 2019.
- AMARO, G. B.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S.; CARVALHO, A. D. F.; LOPES, J. F. Desempenho agrônômico de híbridos experimentais de abóbora Tetsukabuto para características dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 180-185, 2017.
- AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; CARVALHO, A. D. F.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, N. J. **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida tipo japonesa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33886188.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- BARBOSA, G. D. S.; LIMA, J. A. D. A.; QUEIRÓZ, M. A. D.; DIAS, R. D. C. S.; LIMA, C. S. Identification and effects of mixed infection of potyvirus isolates with *Cucumber mosaic virus* in cucurbits. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1028–1035, 2016.
- BELOTI, I. F.; MACIEL, G. M.; ALVES, I. M.; PEREIRA, L. M.; LEMES, E. M. Zucchini lineages with levels of resistance to ZYMV and SqMV viruses. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 15, n. 1, e10693, 2022.
- BROWN, R. N.; HERRERA-BOLANOS, A.; MYERS, J. R.; JAHN, M. M. Inheritance of resistance to four cucurbit viruses in *Cucurbita moschata*. **Euphytica**, v. 129, p. 253-258, 2003.
- CEAGESP. Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. Cotações – Preços no Atacado. 2024. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/cotacoes/#cotacao>. Acesso em: 09 mar. 2024.
- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Viçosa: UFV. 2011. 620 p.
- GUERRA, A. M. N. de M.; SILVA, M. G. M.; EVANGELISTA, R. S.; SANTOS, E. B. dos; RODRIGUES, I. J. da S. Control of weeds in the japanese pumpkin hybrids. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 7, n. 2, p. 27-33, 2020.
- HUSSON, F.; JOSSE, J.; LE, S.; MAZET, J. FactoMineR: Análise Exploratória Multivariada de Dados e Mineração de Dados com pacote R. **R versão 2.4.4.**, 2020.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos: Tabela de Dados das Estações – Lavras (83687)**. 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A515>. Acesso em: 21 ago. 2023.

- KARAAĞAÇ, O.; BALKAYA, A. Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 9-12, 2013.
- KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. Factoextra: Extraia e Visualize os Resultados de Análises de Dados Multivariados. **Versão do pacote R 1.0.7.**, 2020.
- KONG, Q.; CHEN, J.; LIU, Y.; MA, Y.; LIU, P.; WU, S.; HUANG, Y.; BIE, Z. Genetic diversity of *Cucurbita* rootstock germplasm as assessed using simple sequence repeat markers. **Scientia Horticulturae**, v. 175, p. 150-155, 2014.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. *In*: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.
- LAURINDO, R. D. F.; LAURINDO, B. S.; DELAZARI, F. T.; CARNEIRO, P. C. D. S.; SILVA, D. J. H. da. Potencial de híbridos e populações segregantes de abóbora para teor de óleo nas sementes e plantas com crescimento tipo moita. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 582–591, 2017.
- LIMA, M. V.; OLIVEIRA, F. I. C. de; RAMOS, S. R. R.; FREITAS, B. M.; ARAGÃO, F. A. S. de. Fenologia da floração e biologia floral em cultivares de abóbora. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, e20218013, 2022.
- LIU, Z.; JIANG, Y.; YANG, X.; DENG, X.; DANG, J.; WANG, Z.; YUSOP, M.R.; ABDULLAH, S. Characteristics of Interspecific Hybridization and Inbred Progeny of Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) and Winter Squash (*Cucurbita maxima* Duch.). **Horticulturae**, v. 8, n. 7, 596, 2022.
- MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Res.**, v. 27, n. 2, p. 209-20, 1967.
- MENEZES, C. B.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; AZEVEDO, S. M.; RESENDE, J. T. V.; FIGUEIRA, A. R.; GOMES, L. A. A. Inheritance of resistance to papaya ringspot virus-watermelon strain (PRSV-W) in 'Whitaker' summer squash line. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 203–209, 2015.
- MILLIGAN, G. W.; COOPER, M. C. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. **Psychometrika**, v. 50, n. 2, p. 159–179, 1985.
- MIRANDA, F. F. R. de; NASCIMENTO, I. R. do; CHAVES, P. P. N.; MURAISHI, C. T.; DOURADO, D. P. Agronomic characteristics of pumpkin fruits of “Tetsukabuto” hybrid as a function of 2,4-D doses. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 4, p. 521-525, 2017.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359–363, 1997.
- MUNGER, H. M.; PROVVIDENTI, R. Inheritance of resistance to zucchini yellow mosaic vírus in *Cucurbita moschata*. **Cucurbit genetics Cooperative Report**, v. 10, p. 80-81, 1987.

- NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; SILVA, P. P. Produção de sementes híbridas de abóbora tipo Tetsukabuto. *In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS*, 11, 2011, Porto Alegre. **Anais[...]**. Porto Alegre: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/911280/4/palestra16CursoSementesHortali cas11.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e Morangas do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. 203 p.
- OLIVEIRA, R. L. de; GOMES, R. S.; ALMEIDA, C. F. de; MACHADO JÚNIOR, R.; ROCHA, J. R. A. D. de C.; SILVA, D. J. H. da; CARNEIRO, P. C. S. Multitrait selection of pumpkin genotypes aimed at reducing the growth habit and improving seed production. **Crop Science**, v. 61, p. 1620–1629, 2021.
- PACHNER, M.; LELLEY, T. Different genes for resistance to *zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV) in *Cucurbita moschata*. *In: LEBEDA, A.; PARIS, H. S. (Eds.). Progress in cucurbit genetics and breeding research*. Tchéquia: Palacký University Olomouc, 2004. p. 237-243.
- PARADIS, E.; SCHLIEP, K. ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. **Bioinformatics**, 35, 526-528, 2019.
- PARIS, H. S.; BROWN, R. N. The Genes of Pumpkin and Squash. **Hortscience**, v. 40, n. 6, p. 1620–1630, 2005.
- PARIS, H. S.; COHEN, S. Oligogenic inheritance for resistance to *zucchini yellow mosaic virus* in *Cucurbita pepo*. **Annals of Applied Biology**, v. 136, p. 209-214, 2000.
- PARIS, H. S.; COHEN, S.; BURGER, Y.; YOSEPH, R. Single-gene resistance to *zucchini yellow mosaic virus* in *Cucurbita moschata*. **Euphytica**, v. 37, p. 27-29, 1988.
- PAVAN, M. A.; SAKATE, R. K. Manejo de doenças. *In: NICK, C.; BORÉM, A. Abóboras e morangas do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, 2017. Cap. 8. p. 133-151.
- R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- RAMOS, N. F.; LIMA, J. A. A.; GONÇALVES, M. F. B. Efeitos da interação de potyvirus em híbridos de meloeiro, variedades de melancia e abobrinha. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 199-203, 2003.
- ROBINSON R, W.; WEEDEN, N. F.; PROVVIDENTI, R. Inheritance of resistance to *zucchini yellow mosaic virus* in the interspecific cross *Cucurbita maxima*×*C. ecuadorensis*. **Cucurbit Genetics Cooperative Report**, v. 11, p. 74–75, 1988.
- SHIFRISS, O. Developmental reversal of dominance in *Cucurbita pepo*. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 50, p. 330-346, 1947.

SINGH, D. Inheritance of certain economic characters in the squash, *Cucurbita maxima* Duch. **Minnesota Technical Bulletin**, v. 186, p. 1-30, 1949.

URETSKY, J.; LOY, J. B. Evaluation of Morphological Traits Associated with Productivity in F₁ Interspecific (*Cucurbita maxima* Duch. x *C. moschata* Duch.) Hybrid Processing Squash. **Hortscience**, v. 52, n. 9, p. 1156–1163, 2017.

WICKHAM, H. ggplot2: Gráficos elegantes para análise de dados. **R Package Version 3.3.5**. Nova York: Springer-Verlag, 2016.

WU, T.; ZHOU, J.; ZHANG, Y.; CAO, J. Characterization and inheritance of a bush-type in tropical pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne). **Scientia Horticulturae**, v. 114, p. 1-4, 2007.

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, 1101, 2015.

ZHANG, Q.; 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.

ARTIGO 4 FENOTIPAGEM E SELEÇÃO DE PROGÊNIES DE ABÓBORA TIPO TETSUKABUTO QUANTO AO HÁBITO DE CRESCIMENTO E A TOLERÂNCIA AO VIRUS SqMV

RESUMO

A avaliação precoce das progênies de abóbora é relevante para a condução adequada de programas de melhoramento com a cultura. Esta relevância acentua-se quando o interesse é a identificação de indivíduos tolerantes às principais viroses e hábitos de crescimento compactos. Este trabalho teve como objetivo avaliar e selecionar progênies de abóbora tipo Tetsukabuto tolerantes ao vírus *Squash mosaic virus* (SqMV) e com hábito de crescimento compacto, visando obter variabilidade genética para formação de germoplasma. Como tratamentos foram utilizadas sementes da população segregante do primeiro cruzamento (PS1) ao acaso de 5 híbridos experimentais interespecíficos pré-selecionados (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 e HE-35) com as cultivares polinizadoras ‘Samantha’ e ‘Moranga Exposição’. Produziu-se as mudas das progênies PS1 e de abobrinha caserta (testemunha suscetível), e após 14 dias da semeadura realizou-se a inoculação do vírus SqMV nas mudas. Os indivíduos foram avaliados quanto a incidência ao vírus desde a fase de muda até a fase de produção em campo, por meio de escalas de notas. Os indivíduos com sintomas foram eliminados e os remanescentes (sem sintomas) foram cruzados manualmente com a abóbora ‘Samantha’, obtendo-se a população segregante do segundo cruzamento (PS2). Os frutos obtidos desses cruzamentos foram avaliados agronomicamente quanto as características quantitativas e qualitativas, enquanto os indivíduos remanescentes foram avaliados quanto ao hábito de crescimento (rama longa, *bush* ou *semibush*). Os dados obtidos foram analisados descritivamente. Posteriormente, realizou-se a análise multivariada pelos métodos de agrupamento UPGMA e de componentes principais (PCA). Verificou-se na avaliação de bandeja que a porcentagem de indivíduos com ausência de sintomas variou de 0,00% (PS1HE-12SqMV) a 29,73% (PS1HE-35SqMV). Do total de mudas viáveis e inoculadas (538 indivíduos), 13,38% foram selecionadas nesta fase. Já no campo, a porcentagem de indivíduos com ausência de sintomas variou de 0,00% (PS1HE-12SqMV) a 83,33% (PS1HE-07SqMV). Do total de indivíduos selecionados na fase de muda (72 indivíduos), 63,16% permaneceram tolerantes na fase de campo. Dos indivíduos tolerantes identificados na fase de campo, obteve-se frutos e sementes viáveis em 69,44% desses indivíduos, ou seja, 25 indivíduos, os quais geraram um total de 45 frutos. Apenas dois indivíduos apresentaram hábito de crescimento *semibush*, contudo, não obtiveram bom desempenho agrônômico. O dendrograma demonstrou a formação de 4 grupos, em que o 1, 3 e 4 obtiveram indivíduos de interesse agrônômico. Concluiu-se que a progênie PS1HE-35SqMV é a mais tolerante ao SqMV. Já a progênie PS1HE-12SqMV não apresenta tolerância ao SqMV. Os frutos I18PS1HE-35SqMV, I20PS1HE-35SqMV, I6PS1HE-07SqMV, I17PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-18SqMV, I7PS1HE-35SqMV e I10PS1HE-35SqMV dos indivíduos PS1 serão avançadas no programa de melhoramento genético por serem tolerantes ao SqMV e bom desempenho agrônômico, com posterior necessidade de introdução do gene *Bu*.

Palavras-chave: *Cucurbita* sp.; híbrido F₁; *bush*; *semibush*; *Squash mosaic virus*.

ABSTRACT

The early evaluation of pumpkin progenies is relevant for the adequate conduct of crop improvement programs. This relevance is accentuated when the interest is in identifying individuals tolerant to the main viruses and compact growth habits. Therefore, this work aimed to evaluate and select Tetsukabuto pumpkin progenies tolerant to the Squash mosaic virus (SqMV) and with a compact growth habit, aiming to obtain genetic variability for the formation of germplasm. As treatments, seeds from the segregating population of the first crossing (PS1) were used at random from 5 pre-selected interspecific experimental hybrids (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 and HE-35) with the pollinating cultivars, 'Samantha' and 'Strawberry Exposition'. Seedlings of the PS1 progenies and caserta zucchini (susceptible control) were produced, and after 14 days of sowing, the SqMV virus was inoculated into the seedlings. Individuals were evaluated for virus incidence from the seedling stage to the field production stage, using rating scales. Individuals with symptoms were eliminated and the remainder (no symptoms) were manually crossed with the 'Samantha' pumpkin, obtaining the segregating population of the second crossing (PS2). The fruits obtained from these crossings were agronomically evaluated for quantitative and qualitative characteristics, while the remaining individuals were evaluated for growth habit (long branch, bush or semibush). The data obtained were analyzed descriptively. Subsequently, multivariate analysis was carried out using the UPGMA grouping and principal components (PCA) methods. It was found in the tray assessment that the percentage of individuals with no symptoms ranged from 0.00% (PS1HE-12SqMV) to 29.73% (PS1HE-35SqMV). Of the total viable and inoculated seedlings (538 individuals), 13.38% were selected at this stage. In the field, the percentage of individuals with no symptoms varied from 0.00% (PS1HE-12SqMV) to 83.33% (PS1HE-07SqMV). Of the total number of individuals selected in the seedling phase (72 individuals), 63.16% remained tolerant in the field phase. Of the tolerant individuals identified in the field phase, viable fruits and seeds were obtained in 69.44% of these individuals, that is, 25 individuals, which generated a total of 45 fruits. Only two individuals had a semi-bush growth habit, however, they did not achieve good agronomic performance. The dendrogram demonstrated the formation of 4 groups, in which 1, 3 and 4 obtained individuals of agronomic interest. It was concluded that the PS1HE-35SqMV progeny is the most tolerant to SqMV. The PS1HE-12SqMV progeny does not show tolerance to SqMV. The fruits I18PS1HE-35SqMV, I20PS1HE-35SqMV, I6PS1HE-07SqMV, I17PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-18SqMV, I7PS1HE-35SqMV and I10PS1HE-35SqMV from PS1 individuals will be advanced into the breeding program. genetic improvement because they are tolerant to SqMV and good agronomic performance, with subsequent need for introduction of the Bu gene.

Keywords: *Cucurbita* sp.; F₁ hybrid; *bush*; *semibush*; *squash mosaic virus*.

1 INTRODUÇÃO

A abóbora híbrida tipo Tetsukabuto, dentre os tipos de abóboras explorados comercialmente no Brasil, é a mais cultivada, principalmente em virtude da alta produtividade, uniformidade, qualidade visual e adaptação aos ambientes de cultivo (Amaro *et al.*, 2014;

Amaro *et al.*, 2017; Cardoso; Souza Neto, 2016). Além dos atributos agronômicos, esta abóbora apresenta diversos benefícios a saúde, devido sua composição rica em sais minerais e vitaminas (Almeida *et al.*, 2019).

Os programas de melhoramento genético da abóbora tipo Tetsukabuto são realizados em sua maioria por empresas multinacionais (Cardoso; Souza Neto, 2016). Nesse sentido, a implementação de programas nacionais pode contribuir para a redução da dependência externa desses híbridos, diminuição dos custos das sementes e mitigação do risco de uma possível erosão genética nessas espécies de *Cucurbita* spp. (Nascimento; Pessoa; Silva, 2011).

Além das características agronômicas de produtividade e qualidade de frutos, evidencia-se que as cucurbitas são suscetíveis aos principais vírus fitopatogênicos que acometem o gênero *Cucurbita* (Cardoso; Souza Neto, 2016), sendo os danos causados por estes, um dos principais fatores responsáveis pela redução da produtividade e qualidade dos frutos (Beloti *et al.*, 2022; Yeşil, 2020). Portanto, a seleção de linhagens com tolerância às viroses é outra prioridade dos programas de melhoramento. Dentre os vírus de maior relevância, destaca-se o *Squash mosaic virus* (SqMV), do gênero *Comovirus*, que é transmitido por coleópteros, principalmente *Diabrotica bivitula*, *D. speciosa* e *Epilachma cacica* (Lima, 2011).

Os principais sintomas provocados pelo vírus são mosaico sistêmico grave, com deformação de folhas e frutos (Alencar, 2016). Não há controle curativo para as viroses e, portanto, é necessário a realização de um manejo preventivo, principalmente pelo uso de híbridos resistentes ou tolerantes a SqMV (Beloti *et al.*, 2022).

Os melhoristas também têm selecionado linhagens com hábito de crescimento tipo bush, que consiste em uma planta tipo arbustivo, também denominada de tipo moita, (Laurindo *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2015) ou *semibush*, que é uma planta tipo semiarbustiva ou denominada de meia rama (Uretsky; Loy, 2017). Isso porque o menor espaçamento dos entrenós acarreta na redução da arquitetura da planta e, conseqüentemente, no espaçamento de cultivo (Oliveira *et al.*, 2021). Por conseqüência, pode-se produzir mais frutos por área cultivada. O hábito tipo moita é conferido pelo gene *Bush* (Bu) em homozigose dominante (Zhang *et al.*, 2015), enquanto o hábito de meia rama é decorrente desse gene em heterozigose (Uretsky; Loy, 2017).

Portanto, o melhoramento de abóbora tipo Tetsukabuto consiste primeiramente em obter linhagens endogâmicas de *C. maxima* e *C. moschata*. Posteriormente, em cruzamentos interespecíficos, estas espécies devem apresentar boa complementariedade para as características de interesse. Contudo, para obter essas linhagens e iniciar um programa de melhoramento necessita-se de variabilidade genética para seleção (Abdein; Hassan; Dália,

2017; Karaağaç; Balkaya, 2013). Nesse contexto, a população segregante do cruzamento entre um híbrido interespecífico comercial não produz sementes viáveis (Liu *et al.*, 2022). No entanto, quando se cruza este híbrido com um polinizador (cruzamento adicional), obtém-se sementes viáveis (Liu *et al.*, 2022; Zhang; Yu; Medina, 2012). Com isso, a seleção e o avanço de progênes nessa população com base nas características de interesse, é uma etapa crucial para o sucesso do programa (Laurindo *et al.*, 2017).

Assim sendo, este trabalho teve como objetivo avaliar e selecionar progênes de abóbora tipo Tetsukabuto tolerantes ao vírus *Squash mosaic virus* (SqMV) e com hábito de crescimento compacto, visando obter variabilidade genética para formação de germoplasma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

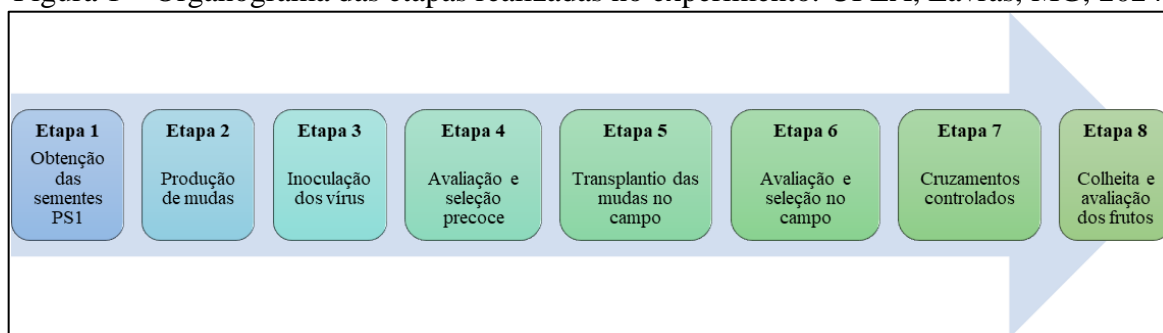
2.1 Local e condições experimentais

O experimento foi realizado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado na Fazenda Palmital, no município de Ijaci, Minas Gerais (altitude: 918 m; latitude: 21°14'16" S; longitude: 45°08'00" W), no período de 31 de outubro de 2022 a 09 de maio de 2023. A classificação climática da região é tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão (Köppen, 1936).

2.2 Organograma de implementação dos experimentos

O processo de seleção para tolerância a virose e identificação do hábito de crescimento dos indivíduos foi organizado em etapas distintas, conforme descritas na Figura 1, as quais são detalhadas a seguir.

Figura 1 – Organograma das etapas realizadas no experimento. UFLA, Lavras, MG, 2024.



Legenda: PS1 indica a população segregante do primeiro cruzamento.

Fonte: Da autora (2024).

2.2.1 Obtenção das sementes PS1 e tratamentos

Como tratamentos foram utilizadas as sementes da população segregante do primeiro cruzamento (PS1) obtidas do cruzamento ao acaso de 5 híbridos experimentais (HE) interespecíficos pré-selecionados (HE-07, HE-12, HE-16, HE-18 e HE-35) com as polinizadoras ‘Samantha’ (híbrido intraespecífico de *Cucurbita maxima*) e ‘Moranga Exposição’ (variedade de *C. maxima* de polinização aberta). Utilizou-se dois polinizadores a fim de garantir pólen aos indivíduos F₁. As principais características que definiram os polinizadores a serem utilizados foram: a ‘Samantha’ apresenta características semelhantes aos híbridos tipo Tetsukabuto, como coloração da casca escura, coloração da polpa alaranjada intensa e rama *semibush*; enquanto a ‘Moranga Exposição’ é a mais utilizada como doadora de pólen em cultivos comerciais. Já a caracterização agrônômica destes HE está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização agrônômica dos híbridos experimentais F₁ que foram utilizados como um dos parentais. UFLA, Lavras, MG, 2024.

Características	Híbridos				
	HE-07	HE-12	HE-16	HE-18	HE-35
Produtividade total de frutos (t ha ⁻¹)	9,16	10,70	8,70	8,51	12,77
Produtividade comercial de frutos (t ha ⁻¹)	7,17	6,03	5,05	6,28	9,28
Massa média de fruto total (kg fruto ⁻¹)	1,65	2,09	1,58	1,55	1,92
Massa média de fruto comercial (kg fruto ⁻¹)	2,14	2,50	2,03	2,21	1,85
Espessura da polpa (cm)	2,99	3,92	3,08	3,32	3,18
Altura do fruto (cm)	14,50	16,67	14,22	16,17	14,92
Diâmetro do fruto (cm)	18,17	20,33	19,22	19,33	18,17
Teor de sólidos solúveis (°Brix)	17,22	16,70	16,91	17,50	18,20
Textura da casca	enrugada	pouco enrugada	pouco enrugada	pouco enrugada	pouco enrugada
Formato de fruto	redondo achatado	redondo achatado	redondo	redondo	redondo
Tamanho de fruto	muito bom	bom	muito bom	bom	bom
Uniformidade de frutos	muito bom	bom	muito bom	bom	bom
Barriga branca	presente	presente	presente	presente	presente
Coloração da casca	verde muito escuro	verde muito escuro	verde muito escuro	verde muito escuro	verde muito escuro
Coloração da polpa	muito alaranjada	muito alaranjada	muito alaranjada	muito alaranjada	alaranjada

Fonte: Da autora (2024).

Além das sementes PS1, utilizou-se a abobrinha caserta como testemunha dos testes de virose em bandeja, devido sua suscetibilidade às viroses (Barbosa *et al.*, 2016; Beloti *et al.*, 2022). Esses tratamentos (sementes PS1 e abobrinha caserta) foram submetidos ao teste com o vírus SqMV. Já na fase de campo, a abóbora ‘Samantha’ foi adotada como polinizadora, obtendo-se a população segregante do segundo cruzamento (PS2).

2.2.2 Produção de mudas

No dia 31 de outubro de 2022 foram semeadas as progênies PS1 e a abobrinha caserta em bandejas de polipropileno de 162 células. Destas células, em 18 foram semeadas a abobrinha caserta. Já as sementes da cultivar ‘Samantha’ foram semeadas separadamente no dia 18 de novembro de 2022, para serem fornecedoras de pólen nos cruzamentos com os indivíduos PS1.

2.2.3 Inoculação dos vírus

No dia 14 de novembro de 2022 (aos 14 dias após a semeadura) realizou-se a inoculação do vírus nas mudas. Os inóculos do vírus e as soluções foram disponibilizados pelo Laboratório

de Virologia da UFLA. O extrato vegetal foi obtido a partir da maceração do tecido foliar com a presença dos vírus em solução tampão de fosfato 0,01M pH 7, contendo sulfito de sódio 0,01M, na proporção de 1g 5mL⁻¹. O tampão fosfato foi composto por fosfato dibásico e fosfato monobásico. A inoculação mecânica foi feita por fricção do extrato na parte adaxial das folhas cotiledonares e da primeira folha expandida das mudas, previamente pulverizadas com carbureto de silício (nome comercial Carborundum) (CSi). As plantas foram mantidas em casa de vegetação até o momento da avaliação.

2.2.4 Avaliação e seleção precoce

No dia 28 de novembro de 2022 (aos 14 dias após a inoculação) realizou-se a primeira avaliação em bandeja, por dois avaliadores, quanto a incidência dos sintomas nas 2^a e 3^a folhas expandidas, conforme metodologia adaptada de Menezes *et al.* (2015): 0 = sem sintomas visíveis; 1 = maioria das folhas sem sintomas, com uma ou algumas folhas com sintomas leves, principalmente clareamento das nervuras, e com ausência de bolhosidade foliar; 2 = maioria das folhas com sintomas leves, principalmente clareamento das nervuras ou manchas cloróticas esparsas, com clorose de até 20% da área foliar em uma ou algumas folhas, com pouca ou nenhuma bolhosidade foliar, e pouca ou nenhuma distorção foliar; 3 = maioria das folhas com mosaico, com sintomas variando de clareamento das nervuras a manchas cloróticas esparsas, com clorose de 20% a 50% da área foliar em uma ou algumas folhas, com nenhuma a moderada bolhosidade foliar, e com pouca ou nenhuma distorção foliar; 4 = maioria das folhas com mosaico sistêmico, com coalescência de áreas cloróticas, atingindo até 50% da área foliar em uma ou algumas folhas, com nenhuma a moderada bolhosidade foliar, e com nenhuma a moderada distorção foliar; 5 = maioria das folhas com mosaico severo, com mais de 50% de sua área afetada em uma ou algumas folhas e/ou severamente distorcida, e com pouco ou severa bolhosidade foliar (Figura 2).

Figura 2 – Exemplos de sintomas encontrados durante a avaliação. UFLA, Lavras, MG, 2024.



Legenda: a representação demonstra uma folha, porém, analisou-se os sintomas nas 2ª e 3ª folhas para definir a nota.

Fonte: Da autora (2024).

Todas as mudas com sintomas de viroses foram eliminadas durante a avaliação.

2.2.5 Transplântio das mudas no campo

As mudas que apresentaram notas 0 e aquelas que apresentaram notas 1, ou com dúvidas relacionadas à expressão dos vírus, foram levadas ao campo no dia 29 de novembro de 2022 (aos 28 dias após a sementeira). O espaçamento entre plantas foi de 1,5 m e 3,0 m entre linhas. As plantas levadas ao campo foram transplantadas em sequência nos canteiros, sendo separadas por progênie conforme os híbridos parentais. Dentre as progênies foram transplantadas as mudas da ‘Samantha’, totalizando 133 plantas.

O preparo da área, os tratamentos culturais e a irrigação foram realizados conforme a recomendação para a cultura (Nick; Borém, 2017). Após o preparo do canteiro, realizou-se a adubação de plantio com 100 g planta⁻¹ de superfosfato simples e 150 g planta⁻¹ de NPK, formulação 04-14-08. Quatorze dias após o transplântio das mudas (DAT), realizou-se uma adubação de cobertura com a formulação 20-00-20 e aos 27 DAT e 50 DAT com a formulação 20-05-20. Foram feitas duas aplicações do fungicida Ridomil a partir dos 27 DAT, visando o controle de oídio. Também foram feitas três aplicações, a partir dos 35 DAT, de inseticidas alternados (Decis e Karate) para o controle de broca-dos-frutos (*Diaphania nitidalis*).

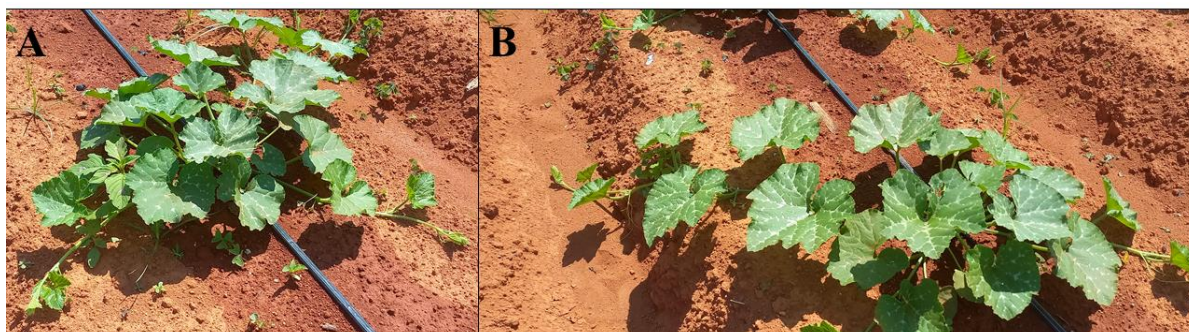
2.2.6 Avaliação e seleção no campo

No campo, realizou-se avaliações quanto a presença ou ausência de sintomas de viroses desde o transplântio, nos dias 29/12/2022 (30 DAT), 04/01/2023 (36 DAT), 09/01/2023 (41 DAT) 18/01/2023 (50 DAT) e 24/01/2023 (56 DAT). A fim de eliminar as plantas com sintomas, dois avaliadores atribuíram notas às características: bordas franzidas, bolhosidade,

subdesenvolvimento, estreitamento foliar, cordão de sapato, deformação foliar, enrolamento foliar, enação e mosaico (Ramos; Lima; Gonçalves, 2003), a partir da escala de notas desenvolvida: 0= ausente; 1= pouco; 2= médio; 3=muito. Após as avaliações, os indivíduos identificados com pelo menos um dos sintomas de viroses foram imediatamente eliminados da área experimental.

No campo também avaliou-se o hábito de crescimento dos indivíduos remanescentes (sem sintomas) no dia 05 de fevereiro de 2023 (68 DAT), através do consenso de dois avaliadores. Estes indivíduos foram classificados como de rama longa (L), *bush* (B) ou *semibush* (SB) (Figura 3).

Figura 3 – Indivíduos com hábito de crescimento *semibush* (A) e rama longa (B). UFLA, Lavras, MG, 2024.



Fonte: Da autora (2024).

2.2.7 Cruzamentos controlados

Quando ficaram apenas os indivíduos tolerantes ao vírus, realizou-se pelo menos um cruzamento manual em cada uma destes indivíduos com a polinizadora ‘Samantha’, no período da manhã. Para isso, no dia anterior a abertura da flor feminina no indivíduo PS1 e da flor masculina na ‘Samantha’, foram protegidas com lã, saco de papel e clips. No próximo dia, efetuou-se a polinização, passando os estames da flor masculina do polinizador no estigma da flor feminina a ser polinizada. A proporção de flores masculinas para femininas foi de 1:1. Posteriormente, a flor feminina foi identificada com lã e protegida novamente com saco de papel e clips, até o pegamento do fruto. Ao final, o número de frutos viáveis variou em função do pegamento dos cruzamentos controlados.

2.2.8 Colheita e avaliação dos frutos

As colheitas dos frutos foram realizadas após o completo desenvolvimento, ou seja, quando os pedúnculos começaram a secar, apresentando alteração da coloração de verde para aspecto corticoso (Amaro *et al.*, 2014). Foi considerado que os tratamentos avaliados apresentavam diferentes níveis de precocidade, com isso, as colheitas variaram para cada híbrido. Logo, as colheitas em número de nove foram realizadas nos dias 09/03/2023, aos 100 DAT; 16/03/2023, aos 107 DAT; 20/03/2023, aos 111 DAT; 28/03/2023, aos 119 DAT; 03/04/2023, aos 125 DAT; 10/04/2023, aos 132 DAT; 18/04/2023, aos 140 DAT; 24/04/2023, aos 146 DAT; e 03/05/2023, aos 155 DAT. Após a colheita, os frutos colhidos permaneceram por um período de sete dias em repouso para completar a maturação das sementes. Em seguida, foram realizadas as avaliações agrônômicas dos frutos de cada parcela:

- a) *Número de frutos* (NP, em unidade): contabilizou-se o número de frutos cruzados colhidos por planta;
- b) *Massa do fruto* (PF, em kg): aferiu-se a massa do fruto individualmente em balança;
- c) *Espessura da polpa* (EP, em cm) e *espessura da casca* (EC, em mm): após o corte transversal de três frutos escolhidos aleatoriamente, mediu-se a espessura com o paquímetro e, em seguida, fez-se a média dos frutos;
- d) *Altura do fruto* (AF, em cm), *diâmetro do fruto* (DF, em cm) e *diâmetro da cavidade interna do fruto* (DCI, em cm): obtidos pela medição, com fita métrica, nos mesmos frutos que se avaliou EP e EC;
- e) *Barriga branca* (BB), em que 1= muito presente; 2= presente; 3= presença média; 4= pouco presente; 5= ausente (desejável);
- f) *Formato de fruto* (FF), em que 1= muito chato, 2= chato, 3= redondo, 4= redondo achatado e 5= redondo alto (desejável);
- g) *Tamanho de fruto* (TF), em que 1= muito pequeno (diâmetro do fruto ≤ 10 cm), 2= pequeno (diâmetro do fruto 11 a 13 cm), 3= médio (diâmetro do fruto 14 a 17 cm), 4= bom (diâmetro do fruto 18 a 20 cm) e 5= muito bom (diâmetro do fruto 21 a 25 cm) (desejável);
- h) *Coloração da casca* (CC), em que 1= ruim (aspecto carijó), 2= regular, 3= verde médio, 4= verde escuro e 5= verde muito escuro (desejável);
- i) *Coloração da polpa* (CP), em que 1= ruim, 2= regular, 3= média, 4= alaranjada e 5= muito alaranjada (desejável).

- j) *Uniformidade da coloração externa dos frutos* (UCE), em que 1= muito ruim, 2= ruim, 3= média, 4= bom e 5= muito bom (desejável);
- k) *Textura da casca* (TC), em que 1= muito enrugada, 2= enrugada, 3= pouco enrugada, 4= levemente enrugada e 5= lisa (desejável) (adaptado de Miranda et al. (2017));
- l) *Umidade da polpa* (UP), em que 1= muito úmida, 2= úmida, 3= umidade média, 4= enxuta e 5= muito enxuta (desejável);
- m) *Sementes viáveis* (SV, em unidade): contabilizou-se o número de sementes viáveis por fruto;
- n) *Massa média unitária de semente* (MMUS, em gramas): pesou-se as sementes viáveis dos frutos e dividiu-se pela quantidade de sementes do fruto.

Após a avaliação dos frutos, extraiu-se as sementes PS2, que após a secagem foram armazenadas para a condução de novos ciclos do programa de melhoramento.

2.3 Análises dos dados

Os dados de incidência de virose foram analisados de forma descritivas, nas fases de bandeja e campo, sendo expressos por valores absolutos e/ou percentuais (%):

- a) *Fase de bandeja*: quantificou-se *i*) o número de indivíduos semeados por progênie; *ii*) as mudas viáveis e inoculadas; *iii*) as mudas tolerantes ao SqMV, pelo teste de bandeja, que foram levadas ao campo.
- b) *Fase de campo*: quantificou-se *i*) os indivíduos mortos por fatores não relacionados às viroses, que foram desconsideradas das próximas análises; *ii*) os indivíduos selecionados por tolerância à virose nesta fase, considerando dos indivíduos selecionados em bandeja até as selecionadas no campo.
- c) *Total de indivíduos*: quantificou-se *i*) os indivíduos tolerantes em todas as etapas (inoculação até campo).
- d) *Produção de frutos e sementes viáveis*: quantificou-se *i*) os indivíduos selecionados na fase de campo, que possuíam frutos e sementes obtidos dos cruzamentos com a ‘Samantha’; *ii*) os frutos cruzados e com sementes viáveis.

Destaca-se que as sementes não germinadas, as mudas não inoculadas em virtude da ausência de germinação no momento da inoculação, e as plântulas mortas em bandeja ou no campo foram eliminadas durante as avaliações das mudas.

As características quantitativas e qualitativas foram analisadas pelas medidas de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) e de posição (média). Também realizou-se

a análise de agrupamento com os dados fenotípicos, por meio da matriz de dissimilaridade de Gower. Os resultados da matriz foram expressos pelo método de grupo de pares não ponderados usando médias aritméticas (UPGMA). Para determinar a confiabilidade dos dados e a coerência do agrupamento, estimou-se o coeficiente de correlação cofenética. A significância da correlação entre a matriz cofenética e a matriz com as distâncias originais foi aferida pelo Teste de Mantel (1967) à 1% de probabilidade, considerando 1000 reamostragens. O ponto de corte (PC) foi determinado pelo Método de Mojena (1977) (Equação 1):

$$PC = m + k * dp \quad (1)$$

Em que, m é a estimativa não enviesada da média; k é a constante igual a 1,25, conforme estabelecido por Milligan e Cooper (1985); e dp é o desvio padrão.

Além disso, realizou-se a análise de componentes principais (PCA) entre as características que participaram da análise de agrupamento.

Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2022). A análise de componentes principais foi realizada por meio da função *PCA* da biblioteca *FactoMineR* (Husson *et al.*, 2020), e a extração e visualização das variâncias das dimensões através da função *eigenvalue* da biblioteca *factoextra* (Kassambara; Mundt, 2020). O Teste de Mantel foi realizado através da biblioteca *ape* (Paradis; Schliep, 2019). Os gráficos foram produzidos através da biblioteca *ggplot2* (Wickham, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de mudas viáveis da população até o momento da inoculação do vírus SqMV foi de 82,90%, variando de 74,32% para a progênie PS1HE-12SqMV a 90,21% para a PS1HE-07SqMV (Tabela 2). Dessas mudas, selecionou-se precocemente, na fase de bandeja, 13,38% das mudas, devido a tolerância ao SqMV. Entretanto, das progênies estudadas, apenas a PS1HE-12SqMV apresentou total suscetibilidade ao vírus. Com exceção desta progênie, a porcentagem de indivíduos selecionados variou de 3,94% (PS1HE-16SqMV) a 29,73% (PS1HE-35SqMV). Esses resultados demonstram a importância da seleção precoce visando reduzir o número de mudas levada ao campo. Isso acarreta na diminuição da área experimental, na redução nos custos com mão de obra e insumos, além da redução do tempo para alcançar resultados. Assim, como Beloti *et al.* (2022), todas as mudas de abobrinha caserta apresentaram suscetibilidade ao vírus, o que comprova a eficiência da inoculação do SqMV.

Do total de indivíduos levados ao campo, 63,16% foram selecionados quanto a tolerância a SqMV, totalizando 36 indivíduos (Tabela 2). Nessa fase, a porcentagem de indivíduos selecionados das progênies PS1HE-12SqMV, PS1HE-16SqMV, PS1HE-18SqMV, PS1HE-35SqMV e PS1HE-07SqMV foram de 0,00%, 25,00%, 57,14%, 69,23% e 83,33%, respectivamente. Assim, na fase de campo houve menor eliminação de indivíduos da progênie PS1HE-07SqMV.

Tabela 2 – Incidência de *Squash mosaic virus* (SqMV) em progênies PS1 de abóbora. UFLA, Lavras, MG, 2024.

Progênie PS1 ¹	SqMV												
	Seleção precoce				Seleção em campo				Total	Produção de frutos e sementes viáveis			
	Células semeadas	Mudas viáveis e inoculadas		Mudas tolerantes pelo teste de bandeja		Indivíduos mortos ²	Indivíduos selecionadas da bandeja ao campo		Indivíduos tolerantes em todas as etapas	Indivíduos selecionadas e com frutos e sementes obtidos dos cruzamentos		Frutos cruzados e com sementes viáveis	
	<i>Unidade</i>	<i>unidade</i>	%	<i>unidade</i>	%	<i>unidade</i>	<i>unidade</i>	%	%	<i>unidade</i>	%	<i>unidade</i>	
PS1HE-07ZYMV	143	129	90,21	7	5,43	1	5	83,33	3,88	5	100,00		
PS1HE-12ZYMV	74	55	74,32	0	0,00	0	0	00,00	0,00	0	00,00	0	
PS1HE-16ZYMV	144	127	88,19	5	3,94	1	1	25,00	0,79	1	100,00	2	
PS1HE-18ZYMV	144	116	80,56	27	23,28	6	12	57,14	6,03	7	58,33	14	
PS1HE-35ZYMV	144	111	77,08	33	29,73	7	18	69,23	10,81	12	66,67	20	
Total	649	538	82,90	72	13,38	15	36	63,16	4,65	25	69,44	45	

¹ O código das progênies PS1 representam a população segregante do primeiro cruzamento, o híbrido experimental parental e o vírus testado, respectivamente.

² Indivíduos mortos por fatores não relacionados à virose.

Fonte: Da autora (2024).

Tabela 3 – Identificação dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 de abóbora tolerantes ao vírus *Squash mosaic virus* (SqMV) e de seus respectivos frutos obtidos do cruzamento que apresentaram sementes viáveis, quanto as características hábito de crescimento (HC), número de frutos (NF), massa do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis por fruto (SV) e massa média unitária de semente (MMUS). UFLA, Lavras, MG, 2024. (continua...).

Frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 ¹	SqMV																	
	HC ²	NF ³	PF	AF	DF	EC	EP	DCI	BB	FF	TF	CC	CP	UCE	TC	UP	SV	MMUS
	-	<i>uni.</i>	<i>kg</i>	<i>cm</i>	<i>cm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>cm</i>					<i>Nota</i>				<i>uni.</i>	<i>g</i>
I1PS1HE-07SqMV	SB	2	0,53	10,5	9,8	3,5	16,2	6,9	2	4	1	4	5	2,5	4	2,5	84,5	0,13
I3PS1HE-07SqMV	L	2	1,14	7,2	15,5	3,8	18,1	11,3	2,5	2	3	4	4	3	4	3	57,5	0,20
I5PS1HE-07SqMV	SB	2	1,35	15,9	13,8	2,0	22,2	8,7	2	5	3	2,5	4	2,5	4,5	4	56,5	0,12
I6PS1HE-07SqMV	L	1	1,09	15,5	12,6	2,8	23,2	8,6	4	5	3	5	5	4	5	1	10	0,10
I7PS1HE-07SqMV	L	2	1,82	12,4	17,2	2,9	20,1	11,6	2	3,5	4	3,5	4	4	4	1,5	154,5	0,19

Tabela 3 – Identificação dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 de abóbora tolerantes ao vírus *Squash mosaic virus* (SqMV) e de seus respectivos frutos obtidos do cruzamento que apresentaram sementes viáveis, quanto as características hábito de crescimento (HC), número de frutos (NF), massa do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis por fruto (SV) e massa média unitária de semente (MMUS). UFLA, Lavras, MG, 2024. (continua...).

Frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 ¹	SqMV																	
	HC ²	NF ³	PF	AF	DF	EC	EP	DCI	BB	FF	TF	CC	CP	UCE	TC	UP	SV	MMUS
	-	uni.	kg	cm	cm	mm	mm	cm				Nota				uni.	g	
Média	-	-	1,19	12,29	13,74	2,97	19,93	9,40	2,50	- ⁵	2,80	3,80	4,40	3,20	4,30	2,40	72,60	0,15
Desvio padrão	-	-	0,47	3,63	2,82	0,69	2,88	2,01	0,87	1,24	1,10	0,91	0,55	0,76	0,45	1,19	53,05	0,04
CV (%) ⁴	-	-	0,39	0,30	0,21	0,23	0,14	0,21	0,35	0,32	0,39	0,24	0,12	0,24	0,10	0,50	0,73	0,30
I5PS1HE-16SqMV	L	2	0,97	8,5	15,4	2,3	20,0	10,3	3,5	2	2,5	4	4,5	3,5	4,5	2	71,5	0,17
I1PS1HE-18SqMV	L	2	1,59	9,5	18,0	0,9	20,6	11,8	4	1,5	3,5	3	2,5	4,5	4,5	3,5	95	0,25
I5PS1HE-18SqMV	L	2	1,87	13,7	17,0	1,7	25,3	11,1	2	4	3,5	2	3,5	2,5	4	3,5	61,5	0,16
I11PS1HE-18SqMV	L	2	2,27	12,8	16,5	2,3	25,3	10,3	1,5	4,5	4	4,5	5	4,5	4,5	2	228,5	0,14
I13PS1HE-18SqMV	L	2	1,56	10,3	16,8	2,5	19,7	11,5	2,5	2	3,5	4	5	3,5	2,5	5	29	0,20
I15PS1HE-18SqMV	L	2	1,29	11,2	15,0	2,1	19,3	11,4	3	3	3	4	3,5	4	4	5	111	0,19
I20PS1HE-18SqMV	L	2	1,31	11,3	15,3	4,5	25,7	10,0	4	2	2	1	3	1	3,5	3	62,5	0,18
I21PS1HE-18SqMV	L	2	3,47	14,4	22,7	1,7	28,5	16,7	1,5	3	5	4	4,5	3,5	4	1	66	0,17
Média	-	-	1,79	11,44	17,07	2,24	23,04	11,61	2,75	-	3,38	3,31	3,94	3,38	3,94	3,13	90,63	0,18
Desvio padrão	-	-	0,79	2,04	2,49	1,04	3,54	2,14	1,04	1,07	0,92	1,22	0,94	1,16	0,68	1,43	60,77	0,03
CV (%)	-	-	0,44	0,18	0,15	0,46	0,15	0,18	0,38	0,39	0,27	0,37	0,24	0,34	0,17	0,46	0,67	0,17
I4PS1HE-35SqMV	L	2	2,04	10,9	18,9	2,5	37,0	12,3	3	3	3,5	4	4	3,5	3	3,5	23	0,17
I5PS1HE-35SqMV	L	2	1,30	12,4	14,7	2,4	17,2	10,9	2,5	3,5	2,5	4	4,5	4,5	4	4	134,5	0,18
I7PS1HE-35SqMV	L	2	5,55	17,1	25,2	3,9	34,0	17,1	4	3,5	4	4	4	3,5	3,5	3,5	67	0,19
I10PS1HE-35SqMV	L	1	3,34	16,2	19,9	2,9	35,2	14,1	3	5	5	4	4	3	4	5	47	0,17
I13PS1HE-35SqMV	L	1	1,23	9,5	15,0	1,3	32,5	9,0	4	4	2	2	5	2	4	5	8	0,17
I15PS1HE-35SqMV	L	2	2,09	14,4	17,9	3,6	28,9	11,9	4,5	5	3,5	1	3	2	3,5	2	13	0,15
I17PS1HE-35SqMV	L	1	0,75	10,6	12,3	3,5	20,5	6,9	5	4	2	5	5	4	3	5	93	0,11
I18PS1HE-35SqMV	L	2	1,11	11,8	14,3	1,4	26,0	9,5	2,5	3,5	2,5	5	4	3	3,5	3,5	16,5	0,14

Tabela 3 – Identificação dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 de abóbora tolerantes ao vírus *Squash mosaic virus* (SqMV) e de seus respectivos frutos obtidos do cruzamento que apresentaram sementes viáveis, quanto as características hábito de crescimento (HC), número de frutos (NF), massa do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis por fruto (SV) e massa média unitária de semente (MMUS). UFLA, Lavras, MG, 2024. (conclusão).

Frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 ¹	SqMV																	
	HC ²	NF ³	PF	AF	DF	EC	EP	DCI	BB	FF	TF	CC	CP	UCE	TC	UP	SV	MMUS
	-	uni.	kg	cm	cm	mm	mm	cm				Nota				uni.	g	
I20PS1HE-35SqMV	L	1	2,32	11,1	19,3	2,0	29,0	12,0	3	2	5	5	3	4	4	4	94	0,14
I21PS1HE-35SqMV	L	2	0,87	11,5	12,6	3,4	20,8	8,0	4	3	2	5	5	4,5	4,5	1	114,5	0,14
I27PS1HE-35SqMV	L	2	0,96	12,8	12,3	4,0	19,8	8,0	2,5	4	2	4	5	3,5	3,5	2,5	42,5	0,11
I33PS1HE-35SqMV	L	2	1,19	10,6	15,2	2,8	21,6	10,9	3,5	3	3	1,5	4	2,5	3,5	4,5	36	0,16
Média	-	-	1,89	12,40	16,46	2,80	26,85	10,86	3,46	-	3,08	3,71	4,21	3,33	3,67	3,63	57,42	0,15
Desvio padrão	-	-	1,38	2,35	3,88	0,92	6,83	2,88	0,84	0,86	1,12	1,42	0,72	0,86	0,44	1,26	42,60	0,03
CV (%)	-	-	0,73	0,19	0,24	0,33	0,25	0,26	0,24	0,24	0,36	0,38	0,17	0,26	0,12	0,35	0,74	0,17
Média geral	-	-	1,72	12,07	16,11	2,66	24,25	10,81	3,04	-	3,12	3,60	4,16	3,32	3,88	3,22	71,08	0,16
Desvio padrão geral	-	-	1,08	2,48	3,40	0,93	5,85	2,54	0,97	1,07	1,03	1,24	0,76	0,91	0,56	1,34	50,98	0,03
CV geral (%)	-	-	0,63	0,21	0,21	0,35	0,24	0,23	0,32	0,31	0,33	0,34	0,18	0,27	0,15	0,42	0,72	0,21

¹O código dos frutos dos indivíduos PS1 com sementes PS2 representam o número do indivíduo PS1 no campo, a população segregante do primeiro cruzamento (PS1), o híbrido experimental parental e o vírus testado, respectivamente. ²HC: SB= semibush; L= rama longa. ³Representou-se as médias dos indivíduos com mais de 1 fruto cruzado. ⁴CV (%): coeficiente de variação experimental. ⁵A média de FF não foi apresentada por não representar uma escala contínua.

Fonte: Da autora (2024).

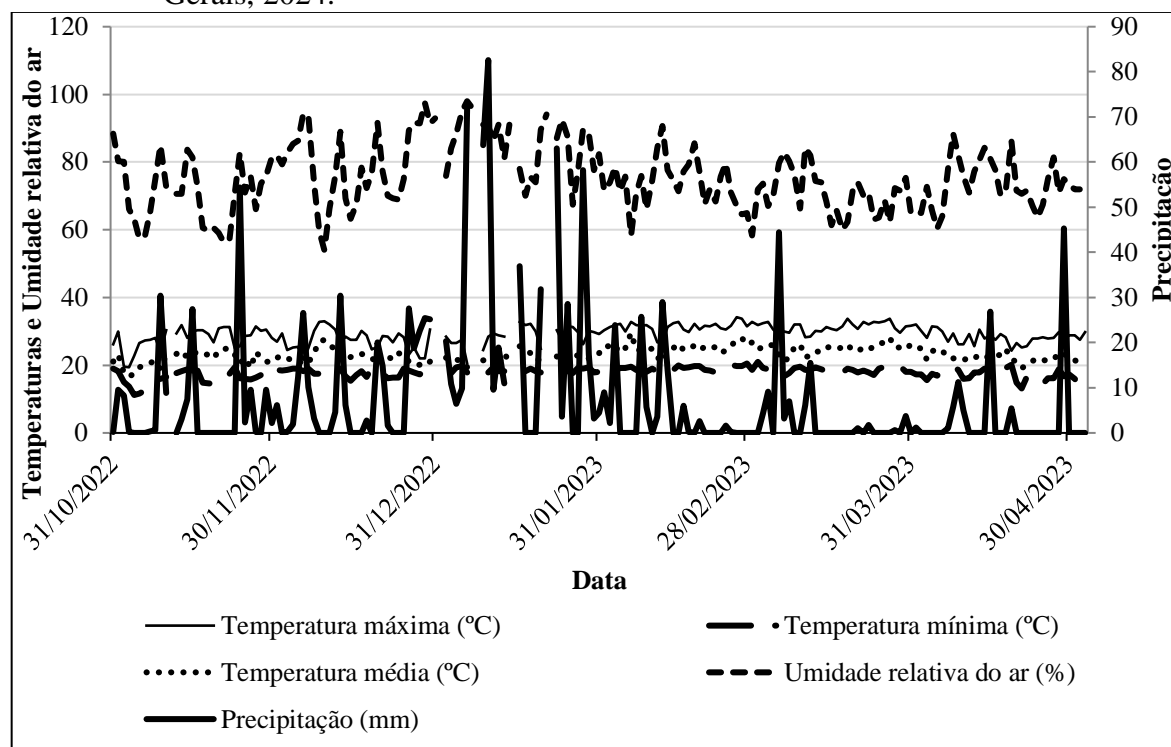
Das mudas viáveis e inoculadas que foram selecionadas até a fase de campo, ou seja, em todo processo de seleção, 4,65% apresentaram tolerância ao vírus (Tabela 2). A tolerância das progênes, em ordem crescente, foi de 0,00% para PS1HE-12 SqMV, 0,79% para PS1HE-16SqMV de 0,00%, 3,88% para PS1HE-07 SqMV, 6,03% PS1HE-18SqMV e 10,81% para PS1HE-35SqMV. Ressalta-se a importância desta última progênie, que constitui 50% dos indivíduos tolerantes. Pela segregação observada, não é possível sugerir sobre a herança da tolerância ao vírus, já que além da segregação do híbrido interespecífico, tem-se a segregação dos doadores de pólen (híbrido intraespecífico e OP). Isso torna complexo o entendimento das gerações iniciais.

Após a seleção dos 36 indivíduos tolerantes ao vírus, 25 destes indivíduos apresentaram frutos com sementes viáveis, correspondendo a 69,44% do total de indivíduos tolerantes (Tabela 2). Dos indivíduos tolerantes, obteve-se 30 frutos, os quais suas características agrônomicas foram descritas na Tabela 3. Já os 11 indivíduos que apresentaram apenas frutos com sementes inviáveis foram desconsiderados.

A Estação Climatológica Principal de Lavras, localizada no Câmpus da UFLA (altitude: 918 m; latitude: 21°14' S; longitude: 45°00' W), a 18 km do CDTT, demonstrou que as condições durante o experimento foram temperatura máxima média de 29,13 °C, temperatura mínima média de 17,79 °C, temperatura média de 23,21 °C, umidade relativa do ar média de 74,38% e precipitação acumulada de 1.310,90 mm (Figura 4) (INMET, 2023).

Durante o experimento ocorreu um acúmulo de precipitação de 1.310,90 mm, com maior predominância no mês de janeiro de 2023, no pico de florescimento das plantas (Figura 4). Com isso, as flores protegidas acumularam mais umidade e, conseqüentemente, contribuem para a diminuição do pegamento dos frutos. Assim, embora se tenha buscado efetuar dois cruzamentos controlados por planta, em algumas plantas só foi possível o pegamento de um fruto (Tabela 2 e 3).

Figura 4 - Temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação no período de 31 de outubro de 2022 (semeadura) a 03 de maio de 2023 (última colheita dos frutos PS1). Estação Climatológica Principal de Lavras, Minas Gerais, 2024.



Legenda: dados nulos não mensurados pela Estação Climatológica Principal de Lavras não estão apresentados no gráfico.

Fonte: Da autora (2024).

A massa média de frutos de todos os indivíduos tolerantes ao vírus SqMV foi de 1,72 kg (Tabela 3). Outras características médias observadas foram altura de fruto de 12,07 cm, diâmetro de fruto de 16,11 cm e diâmetro da cavidade interna de 10,81 cm. A espessura média da casca desses frutos foi de 2,66 mm e espessura da polpa de 24,25 mm. Foi observada também a presença mediana de barriga branca (nota 3,04), tamanho de fruto médio (nota 3,12), coloração da casca verde escura (nota 3,60), coloração da polpa alaranjada (nota 4,16), uniformidade mediana da coloração externa do fruto (nota 3,32), textura da casca levemente enrugada (nota 3,88) e umidade da polpa enxuta (nota 3,22). Além disso, obteve-se em média, 71,08 sementes viáveis por fruto, com massa unitária de 0,16 g. A média de formato de fruto não foi descrita, pois a escala de notas para esta característica não é contínua. Dessa forma, a análise dessa característica deve ser realizada por indivíduo. Contudo, observando todas essas características dos frutos dos indivíduos das progênes PS1, observou-se uma expressiva variabilidade, indicando que há boas características agrônômicas a serem selecionadas e avançadas.

Considerando o hábito de crescimento compacto como um dos objetivos deste programa de melhoramento, verifica-se que apenas a progênie PS1HE-07SqMV apresentou indivíduos com hábitos SB, enquanto as demais apresentaram L (Tabela 3). Considerando os parentais, os HE apresentaram hábito de crescimento L, a polinizadora ‘Samantha’ SB e a polinizadora ‘Moranga Exposição’ L. Segundo as observações microscópicas de Wu *et al.* (2007), o hábito B é decorrente da inibição do alongamento celular, e proporcionam o maior adensamento das plantas, com frutos de menor massa, porém, com maior produtividade por hectare.

Há estudos que demonstram que o comprimento da rama é controlado por dois pares de genes dominantes comuns em *Cucurbita maxima* (Singh, 1949); e por um par de alelos em *C. moschata*, sendo que o hábito bush (B) se deve ao gene *Bu* em homozigose dominante e o SB ocorre em virtude do gene em heterozigose (Zhang *et al.*, 2015). Considerando que o parental ‘Samantha’ possui hábito semibush, com um alelo em dominância (*Bu*), era esperado que com a segregação na geração PS1 não apresentasse indivíduos tipo B.

No estudo de Uretsky e Loy (2017), em que se avaliaram híbridos interespecíficos obtidos do cruzamento de uma linhagem B de *C. maxima* cruzada com duas cultivares de L de *C. moschata*, observaram o fenômeno “reversão da dominância no desenvolvimento”, descrita por Shifriss (1947). Esse fenômeno indica que as plantas heterozigotas para o gene *Bu*, denominadas de hábito SB, apresentaram inicialmente um hábito B e, posteriormente, entrenós sucessivamente mais longos, semelhante ao hábito L. O estudo de Zhang *et al.* (2015) também identificou esse fenômeno, em que a linha de hábito L (256 cm de comprimento da rama) e a linha de hábito B (73 cm de comprimento da rama), geraram plantas F₁ com comprimento intermediário da rama de 154 cm. Enquanto na população F₂ houve segregação transgressiva para o comprimento da rama, sendo o valor médio desviado para o parental de rama L.

Nesse sentido, a predominância do hábito L na PS1 foi devido principalmente ao uso do parental ‘Moranga Exposição’ como polinizadora. Para incorporar o hábito B ou SB nesta população é necessário que o polinizador também apresente este hábito (Wu *et al.*, 2007). Assim, para ampliar a variabilidade genética nesta população para a característica em questão pode-se realizar a introgressão do gene *Bu* de uma espécie de *Cucurbita* sp. com hábito B (Laurindo *et al.* 2017).

A progênie PS1HE-07SqMV, embora seja a única com indivíduos de hábito SB, apresentou uma massa média de fruto inferior (1,19 kg) a média geral (1,72 kg) (Tabela 3). Considerando os frutos dos dois indivíduos SB, a I1PS1HE-07SqMV apresentou uma massa média de fruto de 0,53 kg, enquanto I5PS1HE-07SqMV apresentou 1,35 kg. Sabe-se que as

linhagens de *C. maxima* e de *C. moschata* não necessitam apresentar um bom tamanho de fruto para que seu híbrido seja compatível ao exigido pelo mercado, visto que esse híbrido dependerá da heterose entre as linhagens. Assim, na fase inicial do programa de melhoramento, a massa do fruto não é determinante. Entretanto, a coloração da casca e a espessura da polpa são bons atributos para selecionar as melhores progênes.

Outras características dos frutos dos indivíduos PSI de hábito SB são altura do fruto variando de 10,5 a 15,9 cm, diâmetro do fruto de 9,8 e 13,8 cm, espessura da casca de 2,0 e 3,5 mm, espessura da polpa de 16,2 a 22,2 mm, formato do fruto redondo achatado e redondo alto e coloração da polpa boa a muito boa (Tabela 3). A espessura da polpa, foi inferior à média de todas as progênes, indicando um reduzido aproveitamento de polpa. Além disso, algumas características não ideais foram observadas como presença de barriga branca, tamanho do fruto muito pequeno a médio, coloração da casca tendendo ao verde média e verde escuro, uniformidade da coloração externa entre média e boa e umidade da polpa entre umidade mediana a enxuta.

Neste contexto, os indivíduos com hábito SB apresentam baixa variabilidade e não se assemelham às principais características de um híbrido tipo Tetsukabuto (Tabela 3). Assim, para contornar esse problema, pode-se realizar a introgressão do hábito B nas populações com hábito L, visto que estas apresentam melhores desempenhos. Ainda, considerando as características de coloração da casca verde bem escura e maiores espessuras da polpa, como necessários, em pelo menos uma linhagem, para alcançar posteriormente a heterose no cruzamento com outra linhagem, I6PS1HE-07SqMV (espessura polpa de 23,2 mm e massa de fruto 1,09 kg), I17PS1HE-35SqMV (espessura polpa de 20,5 mm e massa de fruto 0,75 kg), I18PS1HE-35SqMV (espessura polpa de 26,0 mm e massa de fruto 1,11 kg), I20PS1HE-35SqMV (espessura polpa de 29,0 mm e massa de fruto 2,32 kg), I21PS1HE-35SqMV (espessura polpa de 20,8 mm e massa de fruto 0,87 kg) são destaques. Os maiores valores de espessura da polpa são desejáveis, visto que garantem maior aproveitamento do fruto (Laurindo *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2021). Nesse sentido, esses indivíduos devem ser avançados individualmente como progênes distintas para tolerância ao SqMV no programa de melhoramento. Além disso, como mencionado anteriormente, a introgressão do gene *Bu* será necessária, devido ao objetivo deste programa ser selecionar indivíduos de hábito compacto.

Com o avanço dos indivíduos, será necessário a constante avaliação para tolerância ao SqMV, visto que a polinizadora ‘Samantha’ não apresenta tolerância ou resistência ao vírus.

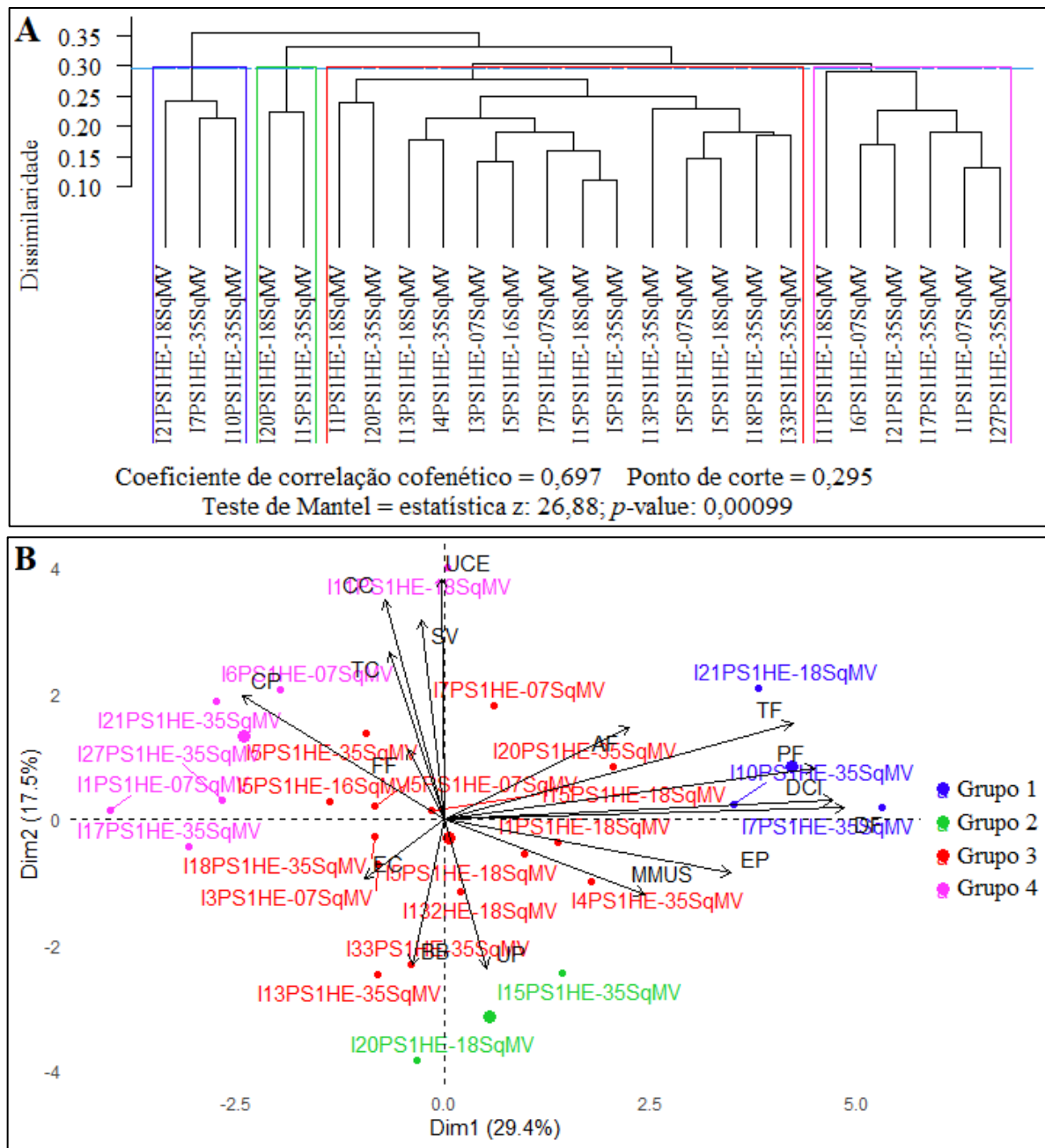
No mais, também será relevante caracterizar os indivíduos da próxima geração quanto a espécie de Cucurbita pertencente, visando avançar as espécies separadamente.

A análise de agrupamento dos indivíduos com tolerância ao vírus SqMV resultou na formação de quatro grupos distintos (Figura 5A). A correlação cofenética deste agrupamento foi alta (0,697), indicando que o dendrograma gerado apresenta um bom grau de ajuste entre a matriz de distâncias do dendrograma e a matriz de distâncias originais (Cruz *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2022), ou seja, são agrupamentos representativos da diversidade existente. Em todos os grupos formados apresentam mais de uma progênie, indicando que ampla variabilidade na população. A grande variabilidade na PS1 é relevante no início do programa de melhoramento para formação do germoplasma, cujas progênies serão avançadas.

A PCA explicou 46,9% (componente principal 1 + componente principal 2) da variação total observada entre os híbridos, considerando as 16 características independentes (Figura 5B). O estudo de Kong *et al.* (2014) também demonstrou baixo valor da somatória das dimensões (38,8%), reforçando que é comum obter baixos valores. Isso geralmente ocorre devido ao elevado número de características avaliadas simultaneamente. Assim, é importante verificar quais as características na PCA que contribuíram para a formação dos grupos heteróticos identificados pela análise de agrupamento (UPGMA).

Nesse contexto, o Grupo 1, composto pelos indivíduos I21PS1HE-18SqMV, I7PS1HE-35SqMV e I10PS1HE-35SqMV, apresentou a maior massa de fruto, tamanho do fruto, diâmetro da cavidade interna, diâmetro do fruto, espessura da polpa e altura do fruto (Figura 5A). Já o Grupo 2, formado pelos indivíduos I15PS1HE-35SqMV e I20PS1HE-18SqMV, se destacou pela pouca presença de barriga branca, porém, possui polpa úmida à umidade média. Enquanto o Grupo 3, composto por 14 indivíduos (I1PS1HE-18SqMV, I20PS1HE-35SqMV, I13PS1HE-18SqMV, I4PS1HE-35SqMV, I3PS1HE-07SqMV, I5PS1HE-16SqMV, I7PS1HE-07SqMV, I15PS1HE-18SqMV, I5PS1HE-35SqMV, I13PS1HE-35SqMV, I5PS1HE-07SqMV, I5PS1HE-18SqMV, I18PS1HE-35SqMV e I33PS1HE-35SqMV) distribuiu-se ao centro da PCA, indicando ser um grupo que no geral, obteve baixo ou intermediário desempenho dentre as características avaliadas. Por fim, o Grupo 4, representado pelos indivíduos I11PS1HE-18SqMV, I6PS1HE-07SqMV, I21PS1HE-35SqMV, I17PS1HE-35SqMV, I1PS1HE-07SqMV e I27PS1HE-35SqMV, com destaque para ótima coloração da polpa, textura da casca, formato do fruto, coloração da casca, uniformidade da coloração externa e sementes viáveis.

Figura 5 - Análises de agrupamento (A) e de componentes principais (B) com base nas características agrônômicas de peso do fruto (PF), altura do fruto (AF), diâmetro do fruto (DF), espessura da casca (EC), espessura da polpa (EP), diâmetro da cavidade interna (DCI), barriga branca (BB), formato de fruto (FF), tamanho de fruto (TF), coloração da casca (CC), coloração da polpa (CP), uniformidade da cor externa (UCE), textura da casca (TC), umidade da polpa (UP), sementes viáveis por fruto (SV) e massa média unitária de semente (MMUS) avaliadas em progênies PS1 de abóbora tolerantes ao vírus *Squash mosaic virus* (SqMV). UFLA, Lavras, MG, 2024.



Legenda: *Dim1* indica a dimensão 1, ou seja, o componente principal 1 (CP1); e *Dim2* indica a dimensão 2, ou seja, o componente principal 2 (CP2).

Fonte: Da autora (2024).

Os indivíduos anteriormente discutidos como relevantes para a espessura da polpa e coloração da casca participaram dos Grupos 3 (I18PS1HE-35SqMV e I20PS1HE-35SqMV) e 4 (I6PS1HE-07SqMV, I17PS1HE-35SqMV e I21PS1HE-35SqMV) (Figura 5A). Esses indivíduos destacados do Grupo 3, embora distintos, se aproximaram dos Grupos 1 e 4, que por sua vez, são os que apresentaram as características mais relevantes. Assim, além destes cinco indivíduos, aqueles pertencentes ao Grupo 1 (I21PS1HE-18SqMV, I7PS1HE-35SqMV e I10PS1HE-35SqMV) são relevantes para a continuação do programa de melhoramento. Nesse sentido, a seleção de indivíduos de diferentes grupos contribui para a permanência da variabilidade genética nas gerações iniciais do programa, o que aumenta a chance de sucesso com a seleção de linhagens em gerações mais avançadas.

4 CONCLUSÕES

A progênie PS1HE-35ZYMV é a mais tolerante ao SqMV, enquanto a progênie PS1HE-12SqMV não apresenta nenhuma tolerância ao SqMV. As demais progênies apresentam tolerância intermediária.

Os indivíduos I18PS1HE-35SqMV, I20PS1HE-35SqMV, I6PS1HE-07SqMV, I17PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-35SqMV, I21PS1HE-18SqMV, I7PS1HE-35SqMV e I10PS1HE-35SqMV serão avançados no programa de melhoramento genético por serem tolerantes ao SqMV e seus frutos apresentarem bons desempenhos agrônômicos, com posterior necessidade de introdução do gene *Bu*.

REFERÊNCIAS

- ABDEIN, M. A. E.; HASSAN, H. M. F.; DALIA, H. M. General performance, combining abilities and heritability of yield and yield component traits in pumpkin (*Cucurbita moschata* Poir.) at different conditions. **Current Applied Science and Technology**, v. 17, n. 1, p. 121-129, 2017.
- ALENCAR, N. E.; FIGUEIRA, A. dos R.; SANTOS, H. O. dos; DUARTE, P. S. G. Image Analysis and Physiological Quality Assessment of Seeds Produced in Pumpkin Plants Infected with the *Squash Mosaic Virus* (SqMV). **Research Journal of Seed Science**, v. 9, p. 14-21, 2016.
- ALMEIDA, A. B. de; LIMA, T. M. de; OLIVEIRA FILHO, J. G. de; SANTANA, R. V.; LIMA, D. S.; MOREIRA, E. A.; EGEA, M. B. Relation between physicochemical characteristics and sensory profiles of cooked pumpkin varieties. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 31, n. 9, p. 697-707, 2019.
- AMARO, G. B.; SILVA, G. O.; BOITEUX, L. S.; CARVALHO, A. D. F.; LOPES, J. F. Desempenho agrônômico de híbridos experimentais de abóbora Tetsukabuto para características dos frutos. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 180-185, 2017.
- AMARO, G. B.; PINHEIRO, J. B.; LOPES, J. F.; CARVALHO, A. D. F.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, N. J. **Recomendações técnicas para o cultivo de abóbora híbrida tipo japonesa**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33886188.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2023.
- BARBOSA, G. D. S.; LIMA, J. A. D. A.; QUEIRÓZ, M. A. D.; DIAS, R. D. C. S.; LIMA, C. S. Identification and effects of mixed infection of potyvirus isolates with *Cucumber mosaic virus* in cucurbits. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 1028–1035, 2016.
- BELOTI, I. F.; MACIEL, G. M.; ALVES, I. M.; PEREIRA, L. M.; LEMES, E. M. Zucchini lineages with levels of resistance to ZYMV and SqMV viruses. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 15, n. 1, e10693, 2022.
- CARDOSO, A. I. I.; SOUZA NETO, I. L. Melhoramento de Abóbora, Abrobrinha e Moranga. In: NICK, Carlos; BORÉM, Aluizio (Org.). **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2016. Cap. 2. p. 61-94.
- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Viçosa: UFV, 2011. 620 p.
- HUSSON, F.; JOSSE, J.; LE, S.; MAZET, J. FactoMineR: Análise Exploratória Multivariada de Dados e Mineração de Dados com pacote R. **R versão 2.4.4.**, 2020.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos**: Tabela de Dados das Estações – Lavras (83687). 2023. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A515>. Acesso em: 21 ago. 2023.

KARAAĞAÇ, O; BALKAYA, A. Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. **Scientia Horticulturae**, v. 149, p. 9-12, 2013.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. factoextra: Extraia e Visualize os Resultados de Análises de Dados Multivariados. **Versão do pacote R 1.0.7.**, 2020.

KONG, Q.; CHEN, J.; LIU, Y.; MA, Y.; LIU, P.; WU, S.; HUANG, Y.; BIE, Z. Genetic diversity of Cucurbita rootstock germplasm as assessed using simple sequence repeat markers. **Scientia Horticulturae**, v. 175, p. 150-155, 2014.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. *In*: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (Ed.). **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.

LAURINDO, R. D. F.; LAURINDO, B. S.; DELAZARI, F. T.; CARNEIRO, P. C. D. S.; SILVA, D. J. H. da. Potencial de híbridos e populações segregantes de abóbora para teor de óleo nas sementes e plantas com crescimento tipo moita. **Revista Ceres**, v. 64, n. 6, p. 582–591, 2017.

LIMA, M. V.; OLIVEIRA, F. I. C. de; RAMOS, S. R. R.; FREITAS, B. M.; ARAGÃO, F. A. S. de. Fenologia da floração e biologia floral em cultivares de abóbora. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 53, e20218013, 2022.

LIMA, M. F.; ALVES, C. A. **Levantamento de vírus em Cucurbitáceas no Brasil, no período 2008-2010**. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011.

LIU, Z.; JIANG, Y.; YANG, X.; DENG, X.; DANG, J.; WANG, Z.; YUSOP, M.R.; ABDULLAH, S. Characteristics of Interspecific Hybridization and Inbred Progeny of Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) and Winter Squash (*Cucurbita maxima* Duch.). **Horticulturae**, v. 8, n. 7, 596, 2022. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070596>

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Res.**, v. 27, n. 2, p. 209-20, 1967.

MENEZES, C. B.; MALUF, W. R.; FARIA, M. V.; AZEVEDO, S. M.; RESENDE, J. T. V.; FIGUEIRA, A. R.; GOMES, L. A. A. Inheritance of resistance to papaya ringspot virus-watermelon strain (PRSV-W) in 'Whitaker' summer squash line. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 15, n. 4, p. 203–209, 2015.

MILLIGAN, G. W.; COOPER, M. C. An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. **Psychometrika**, v. 50, n. 2, p. 159–179, 1985.

MIRANDA, F. F. R. de; NASCIMENTO, I. R. do; CHAVES, P. P. N.; MURAISHI, C. T.; DOURADO, D. P. Agronomic characteristics of pumpkin fruits of “Tetsukabuto” hybrid as a function of 2,4-D doses. **Comunicata Scientiae**, v. 8, n. 4, p. 521-525, 2017.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359–363, 1997.

- NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; SILVA, P. P. Produção de sementes híbridas de abóbora tipo Tetsukabuto. *In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS*, 11, 2011, Porto Alegre. **Anais[...]** Porto Alegre: Embrapa Hortaliças, 2011. 20 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/911280/4/palestra16CursoSementesHortaliCas11.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- NICK, C.; BORÉM, A. **Abóboras e Morangas do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. 203 p.
- OLIVEIRA, R. L. de; GOMES, R. S.; ALMEIDA, C. F. de; MACHADO JÚNIOR, R.; ROCHA, J. R. A. D. de C.; SILVA, D. J. H. da; CARNEIRO, P. C. S. Multitrait selection of pumpkin genotypes aimed at reducing the growth habit and improving seed production. **Crop Science**, v. 61, p. 1620–1629, 2021.
- PARADIS, E.; SCHLIEP, K. ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. **Bioinformatics**, v. 35, p. 526-528, 2019.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- RAMOS, N. F.; LIMA, J. A. A.; GONÇALVES, M. F. B. Efeitos da interação de potyvirus em híbridos de meloeiro, variedades de melancia e abobrinha. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 199-203, 2003.
- SHIFRISS, O. Developmental reversal of dominance in *Cucurbita pepo*. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v. 50, p. 330-346, 1947.
- SINGH, D. Inheritance of certain economic characters in the squash, *Cucurbita maxima* Duch. **Minnesota Technical Bulletin**, v. 186, p. 1-30, 1949.
- URETSKY, J.; LOY, J. B. Evaluation of Morphological Traits Associated with Productivity in F₁ Interspecific (*Cucurbita maxima* Duch. x *C. moschata* Duch.) Hybrid Processing Squash. **Hortscience**, v. 52, n. 9, p. 1156–1163, 2017.
- WICKHAM, H. ggplot2: Gráficos elegantes para análise de dados. **R Package Version 3.3.5**. Nova York: Springer-Verlag, 2016.
- WU, T.; ZHOU, J.; ZHANG, Y.; CAO, J. Characterization and inheritance of a bush-type in tropical pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne). **Scientia Horticulturae**, v. 114, p. 1-4, 2007.
- YEŞİL, S. Detection of Some Virus Diseases of Edible Seed Squash (*Cucurbita pepo* L.) in Nevşehir Province, Turkey. **Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences**, v. 34, p. 49–56, 2020.

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, 1101, 2015.

ZHANG, Q.; 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.