

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA-MELHORAMENTO
GENÉTICO DE PLANTAS**

WILYANNE MONIQUE DANÔA BONFIM

**SELEÇÃO RECORRENTE DE GENÓTIPOS DE ABÓBORA (*Cucurbita moschata*)
PARA INCREMENTO DA QUALIDADE DOS FRUTOS**

**Recife-PE
Agosto de 2023**

WILYANNE MONIQUE DANÔA BONFIM

**SELEÇÃO RECORRENTE DE GENÓTIPOS DE ABÓBORA (*Cucurbita moschata*)
PARA INCREMENTO DA QUALIDADE DOS FRUTOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração: Melhoramento Genético de Plantas, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Melhoramento Genético de Plantas.

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Antônio Francisco de Mendonça Júnior – PPGAMGP (UFRPE), Recife – PE

Recife-PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B713s

Bonfim, Wilyanne Monique Danôa

Seleção recorrente de genótipos de abóbora (*Cucurbita moschata*) para incremento da qualidade dos frutos / Wilyanne Monique Danôa Bonfim. - 2023.

80 f. : il.

Orientador: Antonio Francisco de Mendonca Junior.

Coorientadora: Rita Mercia Estigarribia Borges.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, Recife, 2023.

1. Abóbora. 2. Atributos de qualidade. 3. Índice de seleção. 4. Parâmetros genéticos. I. Junior, Antonio Francisco de Mendonca, orient. II. Borges, Rita Mercia Estigarribia, coorient. III. Título

CDD 581.15

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoria Genética de Plantas

Seleção Recorrente de Genótipos de Abóbora (*Cucurbita moschata*) para Incremento da Qualidade dos Frutos

Wilyanne Monique Danôa Bonfim

Orientador:

Prof. Dr. Antônio Francisco de Mendonça Júnior
(PPGAMGP - UFRPE)

Examinadores:

Prof. Dr. Reginaldo de Carvalho
(Membro interno - PPGAMGP - UFRPE)

Dra. Cristina dos Santos Ribeiro Costa
(Membro externo – Pós-Doutoranda, Bolsista BFP-FACEPE/Embrapa Semiárido)

RECIFE - PE

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar os desafios, por estar sempre orientando os meus caminhos.

À Embrapa Semiárido, pela disponibilidade de toda a infraestrutura e recursos financeiros necessários para a realização do trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, por meio do curso de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas, pelo aprendizado e ensino com qualidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Francisco de Mendonça Júnior, pela oportunidade e ajuda em diversos momentos.

À minha coorientadora, Dra. Rita Mércia Estigarribia Borges Faustino, por seu ensinamento e ajuda.

Aos meus pais, Waldelice e Jonas, pela confiança e por estarem do meu lado nessa trajetória.

À minha família, por me acompanhar nesse momento, em especial a minha tia, pela imensa ajuda.

A Cristina, Bárbara, Carla, Tamires, Gabriel e Augusto, por me ajudarem em todos os momentos e pela amizade.

A todos os meninos do campo e do laboratório de Fisiologia Pós-colheita, pela ajuda no campo, na colheita e na realização das análises.

“Clama a Mim, e responder-te-ei, e anunciar-te-ei coisas grandes e ocultas, que não sabes.”

Jeremias 33:3

LISTA DE SIGLAS

- a = valor genético aditivo médio da população (pura ou sintética)
- AC_{prog} = acurácia da seleção de progênes, assumindo sobrevivência completa
- $CV_e\%$ = coeficiente de variação residual
- $CV_{gi}\%$ = coeficiente de variação genética aditiva individual
- $CV_{gp}\%$ = coeficiente de variação genotípica entre progênes
- CV_r = coeficiente de variação relativa
- d = efeito de dominância ou contribuição dos locos em heterozigose
- FAI/BLUP = Factor Analysis and Ideotype Design via Best Linear Unbiased Prediction ou Análise de Fatores e Ideótipo via Melhor Predição Linear Não Viciada
- FAO = Food and Agriculture Organization/Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
- g = valor genotípico médio da população
- h^2 = herdabilidade em sentido restrito
- I = índice de seleção
- IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- PEV = variância do erro de predição dos valores genotípicos da progênie, assumindo sobrevivência completa
- REML/BLUP = Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction ou Máxima Verossimilhança Restrita/Melhor Predição Linear Não Viciada
- ROS = espécies reativas do oxigênio
- SRI = seleção recorrente intrapopulacional
- V_a = Variância genética aditiva
- V_e = Variância residual (ambiental + não aditiva)
- V_f = Variância fenotípica individual
- .

LISTA DE TABELAS

	página
CAPÍTULO I	
Tabela 1 - Produção continental e mundial de abóbora em 2021.	22
Tabela 2 - Países maiores produtores de abóbora do mundo em 2021.	22
Tabela 3 - Produção brasileira de abóboras no ano de 2017.	24
Tabela 4 - Composição nutricional de 100 gramas de polpa baseada em análises químicas.	26
CAPÍTULO II	
Tabela 1 - Características das linhagens elite do programa de melhoramento de abóboras da Embrapa Semiárido avaliadas no primeiro ciclo.	53
Tabela 2 - Coeficiente de ponderação (K_x) adotado para atributos de qualidade e compostos bioativos dos frutos utilizados para selecionar os genótipos de abóbora mais promissores.	59
Tabela 3 - Parâmetros genéticos de 21 variáveis a partir das análises pelo software Genes e REML (máxima verossimilhança residual restrita) e os BLUPs (valores fenotípicos e genotípicos) pelo software Selegen em genótipos de abóboras.	61
Tabela 4 - Valores genéticos (BLUPs) das características físicas dos frutos dos genótipos selecionados no primeiro ciclo de produção.	63
Tabela 5 - Valores genéticos (BLUPs) das características químicas dos frutos dos genótipos selecionados no primeiro ciclo de produção.	65
Tabela 6 - Predição dos ganhos genéticos (GG) do primeiro ciclo de produção de genótipos de abóbora.	67
Tabela 7 - Valores médios das características físicas e químicas dos frutos dos genótipos selecionados no segundo ciclo de produção de abóbora, obtidos através do método recomendado por Mulamba e Mock.	68

LISTA DE FIGURAS

	página
CAPÍTULO I	
Figura 1 - Aspecto geral das plantas de abóbora avaliadas, no Campo Experimental de Bebedouro/Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.	20
Figura 2 - Aspecto das folhas da abóbora em plantio no Campo Experimental de Bebedouro/Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.	20
Figura 3 - Aparência das flores de abóbora em plantio no Campo Experimental de Bebedouro/Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.	21
Figura 4 - Estrutura química básica dos carotenóides.	29
Figura 5 - Estruturas químicas básicas dos carotenóides e grupos terminais (a) e estruturas típicas de carotenos e xantofilas (b).	31
CAPÍTULO II	
Figura 1 - Dados meteorológicos diários do Campo Experimental de Bebedouro, referentes ao período do primeiro ciclo de produção, no ano de 2022, para seleção de genótipos de abóbora.	50
Figura 2 - Dados meteorológicos diários do Campo Experimental de Bebedouro, referentes ao período do segundo ciclo de produção, no ano de 2023, para seleção de genótipos de abóbora.	51
Figura 3 - Aspecto visual dos 19 melhores frutos de abóbora baseados no ranqueamento realizado utilizando-se os softwares Selegen e Excel.	66
Figura 4 - Aspecto visual dos 19 melhores frutos de abóbora baseado no ranqueamento por meio do método de Mulamba e Mock.	69

SUMÁRIO

RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I	15
1. INTRODUÇÃO	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1 Cultura da Abóbora.....	19
2.2 Importância socioeconômica	22
2.3 Atributos de qualidade dos frutos	25
2.3.1 Atributos físicos	27
2.3.2 Atributos químicos	28
2.4 β -caroteno	31
2.5 Histórico, objetivos e estratégias do melhoramento genético de abóbora...	32
.....	32
2.6 Estratégias utilizadas no melhoramento genético de abóboras	34
3. REFERÊNCIAS	37
CAPITULO II	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1 Condições experimentais.....	49
2.2 Material genético.....	51
2.3 Plantio, transplântio e manejo da cultura.....	55
2.4 Características de qualidade.....	56
2.5 Análises estatísticas.....	57
3. RESULTADOS	60
4. DISCUSSÃO	70
5. CONCLUSÕES	75
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
7. REFERÊNCIAS	77

Seleção Recorrente de Genótipos de Abóbora (*Cucurbita moschata*) para Incremento da Qualidade dos Frutos

RESUMO

As abóboras (*Cucurbita* spp.) possuem uma grande importância social, econômica e alimentar, pela geração de empregos, alta demanda de consumo, valor comercial relativamente acessível e pelos compostos funcionais presentes, em especial carotenoides, com destaque para o β -caroteno. Em virtude disso, uma estratégia de melhoramento genético é o desenvolvimento de cultivares de alta produtividade, com frutos de apelo nutricional e funcional e que atendam às demandas dos mercados. O objetivo deste estudo foi selecionar genótipos de abóboras com frutos de qualidade superior, em especial com alto teor de β -caroteno. Foi conduzido um primeiro experimento com 12 linhagens (população x_0). O melhor fruto de cada planta foi avaliado para massa, comprimento, diâmetro maior e menor, espessura da casca e da polpa, diâmetro da cavidade, cor da casca e da polpa (avaliada por meio de luminosidade - L, croma - C e ângulo Hue - H); acidez titulável (AT) e os teores de sólidos solúveis (SS), carotenóides, β -caroteno, criptoxantina, γ -caroteno, licopeno e xantofila. A partir dos dados dessas variáveis, foi realizado um ranqueamento, aplicando-se uma intensidade de seleção de 10%. Os 19 melhores frutos ranqueados constituíram o segundo experimento (população x_1). Os frutos gerados foram submetidos a nova seleção, utilizando um índice de seleção de 10%, com base nos dados de massa, comprimento, diâmetro maior e menor, espessura média da casca e da polpa, diâmetro da cavidade, cor da casca e da polpa (L, C e H), firmeza da polpa, teor de SS, AT e teor de ácido ascórbico. A acidez titulável (0,000019) e o teor de criptoxantina (0,001) foram as variáveis com menor variância genética e o teor de carotenoides a de maior (10472,57). As variáveis comprimento, diâmetro maior, espessura da casca, espessura da polpa, luminosidade da casca, ângulo Hue da casca, teores de licopeno e xantofila, apresentaram maiores valores de variância genética quando comparados a variância fenotípica. O coeficiente de variação genotípica foi superior ao coeficiente de variação ambiental, para comprimento, diâmetro maior, espessura média da casca, espessura média da polpa, L, C e H da casca, teor de β -caroteno, de licopeno e de xantofila. Na população x_1 , houve ganhos genéticos para todas as variáveis. Os genótipos selecionados têm características de qualidade com potencial de gerar avanços no programa de melhoramento genético de abóbora, particularmente para frutos com maior espessura de polpa, polpa de cor

laranja e teor de ácido ascórbico acima de 75 mg 100 g⁻¹.

Palavras-chave:melhoramento genético, variância genética, variância fenotípica.

Recurrent Selection of Pumpkin (*Cucurbita moschata*) Genotypes for Improving Fruit Quality

ABSTRACT

Pumpkins (*Cucurbita* spp.) possess significant social, economic, and food importance due to income generation related to their production, the high demand for consumption, a relatively accessible commercial value, and the functional compounds they contain, especially carotenoids, the main of which is β -carotene. In this scenario, one of the ways to genetically improve this crop is developing high yield cultivars, with fruits showing nutritional and functional appeal and meeting market demands. From this perspective, this study aimed to select pumpkin genotypes with higher fruit quality, especially with high β -carotene contents. A first experiment was conducted with 12 lines (population x0). The best fruit of each plant was evaluated for mass, length, largest and smallest diameter, peel and pulp thickness, cavity diameter, peel and pulp color (evaluated by the lightness - L, chroma - C, and Hue angle - H), titratable acidity (AT), soluble solids content (SS), carotenoids, β -carotene, cryptoxanthin, γ -carotene, lycopene, and xanthophyll. Based on the data referring to these variables, a ranking was performed by applying a 10% selection intensity. The 19 best fruits ranked constituted the second experiment (population x1). The fruits generated were subjected to a new selection using a 10% selection index, based on the data referring to mass, length, largest and smallest fruit diameter, mean thickness of peel and pulp, cavity diameter, peel and pulp color (L, C, and H), pulp firmness, SS and AT content, and ascorbic acid content. The titratable acidity (0.000019) and the content of cryptoxanthin (0.001) were the variables with the lowest genetic variance, whereas the carotenoid content had the highest (10472.57). The variables of fruit length, largest diameter, peel thickness, pulp thickness, peel lightness, peel Hue angle, and the contents of lycopene and xanthophyll showed the highest genetic variance values compared to the phenotypic variance. The coefficient of genotypic variation was higher than the coefficient of environmental variation for fruit length, largest fruit diameter, mean peel thickness, mean pulp thickness, peel L, C, and H, and the contents of β -carotene, lycopene and xanthophyll. Population x1 had genetic gains for all variables. The genotypes selected have quality traits with the potential to generate advances in pumpkin breeding programs, particularly for fruits with thicker and orange pulps and with ascorbic acid contents above 75 mg 100 g⁻¹.

Keywords: heritability, genetic breeding, genetic variance.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL REFERENCIAL TEÓRICO

1 INTRODUÇÃO

As abóboras pertencem ao gênero *Cucurbita* da família *Cucurbitaceae* e são importante fonte de β -caroteno, um carotenóide que o organismo humano converte em vitamina A. São cultivadas em regiões tropicais e subtropicais, sendo produzidas em todo o território brasileiro, com destaque para as regiões Sudeste e Nordeste (Barros et al., 2021; IBGE, 2023a; Krishnamoorthy, Avinashgupta, 2021).

A importância da abóbora é tanto social quanto econômica. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção mundial de abóboras, morangas e cabaças, em 2021, foi de 23,8 milhões de toneladas, sendo a Ásia a maior produtora, com 50% da participação total (FAOSTAT, 2023). No Brasil, em 2017, foram produzidas 417.839 toneladas de abóboras, sendo as regiões Sudeste e Nordeste as maiores produtoras do país (IBGE, 2023b).

Sua importância no mercado está associada a várias razões, incluindo seu tempo de duração no campo, alta produção, bem como seu valor nutritivo, medicinal e industrial. Quando comparada à cenoura, a abóbora é uma fonte mais barata de vitamina A por não exigir requisitos climáticos específicos para a produção (Krishnamoorthy, Avinashgupta, 2021). Os altos teores na polpa são sinalizados com o avanço do amadurecimento do fruto, quando se dá à formação de pigmentos carotenoides nesses frutos (Maoka, 2020).

O gênero *Cucurbita* é considerado um dos mais diversificados do reino vegetal, em se tratando de morfologia dos frutos e arquitetura da planta. Devido ao elevado número de cromossomos ($2n = 40$), é possível identificar a origem do gênero por meio de alopoliploidia (Amaro et al., 2022; Zhu et al., 2021). Ainda, tendo sido conservadas por diferentes perfis de agricultores, as abóboras foram submetidas a eventos ou processos genéticos, incluindo hibridação e recombinação, favorecendo a variabilidade genética. Essa variabilidade é observada nas diferentes características fenotípicas encontradas na abóbora (Amaro et al., 2017; Blank et al., 2013).

As espécies de abóbora possuem uma ampla distribuição. Segundo Helden et al (2007), os frutos são conhecidos como abóbora, abóbora-crioula, abóbora-de-pescoço, abóbora-gigante, abóbora-de-vaca, abóbora-menina e moranga, entre outros. Estes nomes variam conforme a região e não é possível associar a um determinado tipo específico de fruto, exceto para abóboras-de-pescoço que poderão receber nomes adicionais que estão relacionados ao tamanho, à coloração externa

ou até mesmo ao aspecto do pescoço.

Em se tratando de valor nutritivo e uso na alimentação humana, a abóbora é cultivada com o objetivo de produção de frutos para consumo alimentar, mas também possui sementes e flores como partes comestíveis. A polpa do fruto pode ser utilizada de diferentes modos: assada, cozida, em conserva, cristalizada ou consumida in natura (Kostecka-Gugala et al., 2020).

Sua riqueza em diversos compostos, como altos teores de carotenoides, ferro, zinco, magnésio, potássio e vitaminas B e C, faz com que sua importância e comercialização sejam elevadas. Acrescenta-se a isso o fato de alguns compostos químicos encontrados nas abóboras atuarem na prevenção de várias doenças, como cardiovasculares e cancerígenas (Carvalho et al., 2011). Estudos epidemiológicos correlacionaram a dieta rica em carotenoides com a incidência e agressividade do câncer, sendo atribuído a esses compostos um efeito protetor na incidência de vários tipos dessa enfermidade (Rowles III; Erdman Júnior, 2020). Entre os carotenóides, o β -caroteno tem a maior atividade pró-vitamina A. Sendo a abóbora rica nesse composto, seu consumo é importante estratégia para prevenir a deficiência de vitamina A (Antoszkiewicz et al., 2019; Zahra et al., 2018).

Os carotenoides são compostos essenciais para o corpo humano, que, por não sintetizá-los, necessitam de uma fonte na sua dieta (Liu et al., 2021). Esses compostos são amplamente distribuídos na natureza, sendo biossintetizados por organismos fotossintéticos, alguns fungos e bactérias. No caso de animais, eles não conseguem biossintetizá-los, sendo incorporados através da alimentação. Porém, em alguns estudos, foram identificados alguns animais invertebrados, como insetos hemípteros e dípteros e ácaros, que podem sintetizá-los raramente (Meléndez-Matínez et al., 2021; Rodriguez-Conption et al., 2018).

A disponibilização de cultivares com teores elevados desses compostos que, são denominados de funcionais por contribuírem para a saúde humana, traria impactos na dieta e qualidade de vida dos consumidores. Uma contribuição relevante dos programas de melhoramento genético de abóboras é o desenvolvimento de frutos com características que atendam ao mercado, tanto com características físicas, como cor do fruto e firmeza da polpa, como pelas químicas, a exemplo de acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico (vitamina C) e carotenoides, principalmente β -caroteno, para se obter uma cultivar potencialmente de alto valor agregado.

O objetivo do presente estudo foi avaliar e selecionar genótipos de abóbora superiores em relação a características de qualidade de fruto para possível utilização em programas de melhoramento genético da espécie.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da Abóbora

A família Cucurbitaceae possui aproximadamente 118 gêneros e 825 espécies, sendo distribuída predominantemente em regiões tropicais. Dentre essas espécies, 9 gêneros e 30 espécies são cultivados, como as abóboras (*Cucurbita*), chuchus (*Sechium edule*), melancias (*Citrullus lanatus*), melões (*Cucumis melo*), pepinos (*Cucumis sativus*), bucha-vegetal (*Luffa cylindrica*), porongos e cabaças (*Lagenaria siceraria*), além de outras que são cultivadas no Brasil mas que são menos expressivas, como o kino ou kiwano (*Cucumis metuliferus*), maxixe (*Cucumis anguria*), melão-de-cheiro (*Sicana odorifera*) e melão-de-são-caetano (*Momordica charantia*) (Helden et al., 2007).

As abóboras são cucurbitáceas do gênero *Cucurbita*, sendo nativas das Américas. Têm origem no nordeste do México e sul dos Estados Unidos, mas hoje se encontram por todo o continente. Esse gênero é formado por 24 espécies, sendo cinco delas cultivadas: *C. argyrosperma*, *C. ficifolia*, *C. maxima*, *C. moschata* e *C. pepo*. As espécies *C. máxima* e *C. moschata* fazem parte do patrimônio genético brasileiro pela sua domesticação há séculos e por serem cultivadas em diversas regiões do país (Carvalho et al., 2011).

As espécies do gênero *Cucurbita* são diplóides, contendo 20 pares de cromossomos ($2n=40$), sendo que entre todas as espécies cultivadas a maior variabilidade genética é encontrada na *C. pepo*, seguida da *C. maxima* (Nguyeon et al., 2020). As abóboras são de ciclo anual, com hábito de crescimento rasteiro, pubescente, seu caule apresenta coloração verde-escura e gavinhas e raízes adventícias, que auxiliam na fixação da planta (Figura 1). O cultivo, em geral, deve ocorrer na estação chuvosa ou em sistemas irrigados, pela necessidade hídrica para melhor desenvolvimento dos frutos. Também, é necessário que o solo seja adubado para um sucesso maior na produção (Lima et al., 2022; Sampath; Krishnamoorthy, 2017).

Figura 1 - Aspecto geral das plantas de abóbora avaliadas, no Campo Experimental de Bebedouro/Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.



Foto: Wilyanne Monique Danôa Bonfim.

Seus frutos, além de serem usados como alimento, tendo todas as suas partes comestíveis, principalmente a polpa e as sementes, também possuem propriedades decorativas e de fácil manejo (Kidón; Uwineza, 2022).

As folhas da abóbora normalmente são grandes, com coloração variando de verde escuro a claro, tendo formato palmado e, em algumas folhas, pode-se notar um serrilhamento mais característico (Figura 2). Além disso, suas folhas são pubescentes. A abóbora possui caule herbáceo e seu tamanho pode variar, sendo longo ou pequeno. Ainda, o caule possui coloração verde-escuro, é rastejante e pubescente, com presença de gavinhas que auxiliam na fixação da planta (Filgueira, 2007).

Figura 2 - Aspecto das folhas da abóbora em plantio no Campo Experimental de Bebedouro/Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.



Foto: Wilyanne Monique Danôa Bonfim.

As abóboras possuem flores monoicas, isto é, flores masculinas e femininas na mesma planta, mas com a predominância das masculinas. Suas flores são chamativas, com cor amarela e de tamanho grande, sendo que as femininas ainda apresentam ovários destacados, no formato do fruto que surgirá (Figura 3). As flores abrem ao amanhecer e fecham próximo ao meio-dia, dependendo do clima e da estação do ano. A flor masculina tem a presença de três anteras, que produzem uma grande quantidade de pólen, enquanto a feminina apresenta ovário súpero, evidenciando o formato do fruto, caso seja fecundado (Klein et al., 2020).

Figura 3 - Aparência das flores de abóbora em plantio no Campo Experimental de Bebedouro/Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE.



Foto: Wilyanne Monique Danôa Bonfim.

Durante gerações, as espécies do gênero *Cucurbita* passaram por diferentes processos de seleção, modificando muitas de suas características, como formato e tamanho do fruto, cor e sabor da polpa, entre outros atributos. A grande diversidade, portanto, decorre de seleções feitas pelas trocas de sementes realizadas por indígenas, quilombolas e produtores da agricultura familiar (Priori et al., 2022). Os agricultores fazem seleção dos melhores tipos de frutos em campo e essa seleção, consolidada na conservação e armazenamento das sementes dos frutos selecionados, promove também a diversidade pelo intercâmbio em feiras livres e, conseqüentemente, levando a diferentes eventos genéticos, como a hibridação e a recombinação, favorecendo a variabilidade genética. Essa variabilidade pode ser observada nos diferentes atributos presentes nos vários tipos de abóboras

encontradas no mercado (Amaro et al., 2017; Blank et al., 2013). As espécies *C. moschata* e *C. máxima* do gênero são bastante cultivadas no Brasil, principalmente no Nordeste, onde são muito utilizadas na dieta da população quando estão maduras (Barros et al., 2021; Maldonade et al., 2019).

2.2 Importância socioeconômica

As abóboras possuem grande importância social e econômica, associada ao seu cultivo e, conseqüentemente, sua comercialização (Barros et al., 2021; Lima et al., 2022). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura (FAO), a produção mundial de abóboras, morangas e cabaças foi de 23,8 milhões de toneladas em 2021, com destaque para a Ásia que contribuiu com 50% da produção mundial, sendo seguida pela Europa, com 22%, e América, com 15% (Tabela 1). Conforme a Tabela 2, entre os países produtores, a China é o principal, tendo produzido 7.439.924 t, seguido por Ucrânia, com 1.314.540 t, e Rússia, que produziu 1.174.580 t, naquele ano (FAOSTAT, 2023).

Tabela 1 - Produção continental e mundial de abóbora em 2021.

Continente	Produção (toneladas)
Ásia	11.871.406
Europa	5.254.378
Américas	3.482.262
África	2.924.903
Oceania	250.987
Mundial	23.783.936

Fonte: FAOSTAT (2023).

Tabela 2 - Países maiores produtores de abóbora do mundo em 2021.

Países	Produção (toneladas)
China	7.439.924
Ucrânia	1.314.540
Rússia	1.174.580
Estados Unidos da América	1.069.290
Espanha	789.780

Turquia	771.651
México	738.009

Fonte: FAOSTAT (2023).

No Brasil, de acordo com os dados do último censo agropecuário, registrado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017 foram produzidas cerca de 417.839 toneladas de abóboras, com destaque para as regiões Sudeste (133.552 t) e Nordeste (126.684 t) com as maiores produções. Entre os estados da federação, Minas Gerais possuiu a maior produção, seguido por Bahia, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. O estado de Pernambuco ocupa a sétima posição e teve produção de 18.676 toneladas. O estado com maior área colhida naquele ano foi a Bahia, com 11.732 hectares (IBGE, 2023b).

Tabela 3 - Produção brasileira de abóboras no ano de 2017.

País, Regiões e Estados	Produção (toneladas)
Brasil	417.839
Região Sudeste	133.552
Minas Gerais	83.600
São Paulo	33.227
Espírito Santo	10.334
Rio de Janeiro	6.391
Região Nordeste	126.684
Bahia	61.235
Pernambuco	18.676
Maranhão	13.311
Piauí	8.070
Rio Grande do Norte	7.741
Ceará	7.445
Sergipe	4.600
Paraíba	3.964
Alagoas	1.642
Região Sul	100.261
Rio Grande do Sul	42.463
Santa Catarina	40.844
Paraná	16.954
Região Centro-Oeste	31.956
Goiás	22.379
Mato Grosso	4.245
Mato Grosso do Sul	3.432
Distrito Federal	1.900
Região Norte	25.388
Pará	8.253
Amazonas	7.173
Tocantins	4.453
Roraima	2.214
Rondônia	2.049
Amapá	863
Acre	383

Fonte: IBGE (2023b).

2.3 Atributos de qualidade dos frutos

Na comercialização de frutos, vários atributos de qualidade físicos e químicos são considerados, visando à aceitação no mercado, a partir das exigências e interesses do consumidor. Complementarmente, a maturidade de um fruto na colheita é um fator chave que determinará tanto a qualidade como sua vida útil (Sivakumar et al., 2011).

Entre os principais critérios de qualidade para um fruto estão aparência, tamanho, formato, cor da casca, textura, sabor, aroma e teor de nutrientes (Ntsoane et al., 2019). Portanto, a qualidade de um fruto pode ser definida como um conjunto de características que influenciarão sua aceitação pelo consumidor (Trevisan et al., 2006). Na abóbora, o consumidor considera o formato, o tamanho e a aparência da casca, em primeiro lugar. Em seguida, avalia a cor da polpa e sua espessura, assumindo que, quanto mais escura for, melhor será o produto. A relação é a de que quanto mais intensa for a coloração laranja da polpa, maior será a presença de carotenóides e mais importante para a saúde humana. A tabela 4 apresenta a composição nutricional média da abóbora.

Tabela 4. Composição nutricional de 100 gramas de polpa baseada em análises químicas.

Nutriente	Unidade	Valor em 100g
Água	g	91,6
Energia	kcal	26
Proteína	g	1
Lipídeos totais (gordura)	g	0,1
Carboidratos	g	6,5
Fibra dietária total	g	0,5
Açúcares totais	g	2,76
Cálcio, Ca	mg	21
Ferro, Fe	mg	0,8
Magnésio, Mg	mg	12
Fósforo, P	mg	44
Potássio, K	mg	340
Sódio, Na	mg	1
Zinco, Zn	mg	0,32
Cobre, Cu	mg	0,13
Manganês, Mn	mg	0,13
Selênio, Se	µg	0,3
Ácido ascórbico, vitamina C	mg	9
Tiamina	mg	0,05
Niacina	mg	0,6
Vitamina B-6	mg	0,06
Folato, DFE	µg	16
β-caroteno	µg	3100
α-caroteno	µg	4020
β-criptoxantina	µg	0
Licopeno	µg	0
Vitamina E, alfa-tocoferol	mg	1,06
Vitamina D, D2 + D3	µg	0
Vitamina K	µg	1,1
Ácidos graxos saturados	g	0,05
Ácidos graxos monoinsaturados	g	0,01
Ácidos graxos polinsaturados	g	0,005
Colesterol	mg	0

Fonte: USDA – United States Department of Agriculture (2023)

2.3.1 Atributos físicos

Um fruto com qualidade é aquele que atende as expectativas dos diferentes consumidores, tanto em suas características externas como internas. As características internas podem se relacionar ao sabor (teor de açúcares e acidez, por exemplo) e ao conteúdo de suco (rendimento), enquanto as externas referem-se à boa aparência (em particular, cor da casca, tamanho, massa e ausência de defeito) (Botelho et al., 2019). Os atributos físicos, como massa, tamanho, formato do fruto, coloração da polpa e da casca, espessura da polpa e textura, são importantes para o melhoramento genético da abóbora e de outros alimentos consumidos in natura, visando ao desenvolvimento de cultivares ou híbridos de qualidade superior.

Em se tratando de uma abóbora com atributos atrativos para o consumidor, a massa é uma característica importante, sendo que são comercializados frutos geralmente de 4 a 8 kg. O período de armazenamento longo, mantendo a qualidade adequada para o consumo, é outra característica de interesse (Amaro et al., 2022). Ainda, na escolha de uma abóbora, considera-se o formato achatado como o preferido. Isso se deve, em parte, à tradição das celebrações de *halloween*, em alguns países. A espessura da casca tem uma importância destacada. Barbosa (2009) ressaltou que a casca de espessura mais fina é mais suscetível à ocorrência de danos no fruto, além de favorecer a perda de massa durante o armazenamento.

Uma abóbora com maior espessura de polpa é preferida, pois, juntamente com a menor cavidade interna, indica maior resistência ao transporte e acondicionamento, além de proporcionar maior disponibilidade de polpa para o consumo (Lima et al., 2019). Sendo assim, o fruto precisa ter uma alta resistência e polpa mais firme, pois estas características são de grande importância durante o transporte desses frutos. Entretanto, para consumo cru, uma textura mais resistente não é o mais indicado, por isso o cozimento é utilizado na espécie, mas esse processo leva à perda de algumas vitaminas, minerais e compostos antioxidantes, além de aumentar o teor de açúcares (Hernández et al., 2023; Kao et al., 2014; Lešková et al., 2006; Miglio et al., 2008; Singh et al., 2020).

A avaliação da cor de alimentos tanto frescos como processados determina a primeira impressão e responde pela escolha, percepção e comportamento de compra dos consumidores. Na abóbora, a cor pode estar relacionada a outras informações sobre a qualidade. No caso da polpa, os consumidores associam uma coloração laranja mais intensa com ótima qualidade. Essa forte coloração se deve à maior

presença de carotenoides no fruto, cujas propriedades de proteção à saúde têm sido difundidas. Além disso, a coloração da casca e a da polpa também podem ser adotados como indicador do ponto de colheita (Kidón; Uwineza, 2022).

Para um fruto que tem como destino a indústria, as características físicas que têm maior importância são o diâmetro e o comprimento (Botelho et al., 2019). A combinação dessas duas variáveis determina o formato do fruto. Por sua vez, massa, tamanho e formato são características importantes para a etapa de seleção, em que os padrões de qualidade vigentes no mercado precisam ser seguidos, a fim de atender as preferências do consumidor.

2.3.2 Atributos químicos

As características teor de sólidos solúveis e acidez titulável são os principais indicadores de qualidade que determinam o sabor de frutas e hortaliças. Ambas as características podem variar dependendo de fatores como genética da espécie ou do produto, condições de cultivo, clima, região ou área de cultivo e manejo, incluindo tratamentos fitossanitários (Chitarra; Chitarra, 2005).

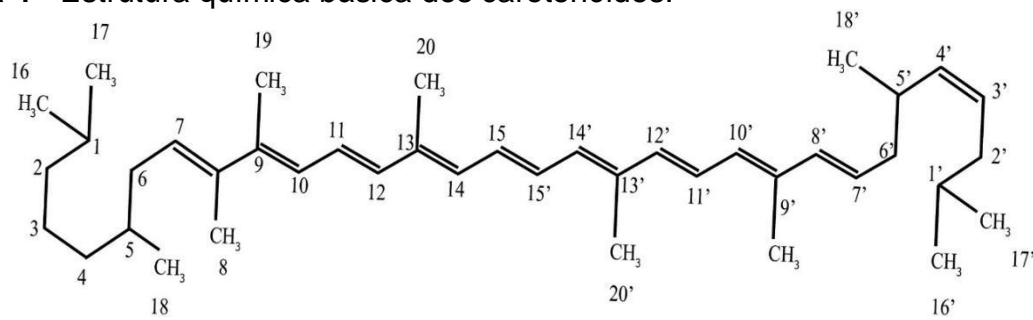
Os teores de sólidos solúveis estão relacionados aos compostos que estão dissolvidos na polpa do fruto, principalmente à concentração de açúcares (Kidón; Uwineza, 2022). De acordo com Loy (2004), as abóboras são consideradas de alta qualidade quando apresentam teor de sólidos solúveis totais de 11 a 13º Brix.

A acidez em produtos hortícolas é atribuída principalmente aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células (Chitarra; Chitarra, 2005; Gomes et al., 2022). A acidez na abóbora é baixa, sendo uma característica própria da espécie (Sátiro et al., 2020).

As abóboras são ricas em polissacarídeos, vitaminas, sais minerais, pectinas e carbonatos, sendo importantes para a saúde humana. Alguns compostos presentes nesses frutos atuam na prevenção de doenças, como as cardiovasculares e câncer. O potencial antioxidante, o baixo índice glicêmico e o baixo teor de lípidios são outras propriedades das abóboras (Vale et al., 2019).

As cucurbitáceas, em geral, são fonte de carotenoides (Figura 4), principalmente de β -caroteno, que tem a capacidade de inibir ou sequestrar os radicais livres. Por sua ação antioxidante, os carotenoides são muito promissores na prevenção contra o câncer, aterosclerose e desordens coronarianas (Da Silva, Da Silva, 2012).

Figura 4 - Estrutura química básica dos carotenóides.



Fonte: Adaptado de Zakynthinos; Varzakas (2016)

Os antioxidantes, que estão presentes nos alimentos e no corpo humano em concentrações muito baixas, possuem o papel da neutralização dos radicais livres nas células biológicas. Esses radicais livres têm impacto negativo nos organismos vivos. Estudos comprovam que a ação dos compostos antioxidantes nos organismos se deve à capacidade de reduzir o estresse oxidativo. Com isso, estudar a atividade e a capacidade desses antioxidantes na alimentação é essencial, não apenas como componente da qualidade do alimento, mas também como fator de prevenção e tratamento de doenças. Esses antioxidantes incluem: minerais; vitaminas (a exemplo de E e C) e fitoquímicos, como os flavonóides, catequinas e outros compostos fenólicos; carotenoides, entre os quais β -caroteno e licopeno; e diterpenos e seus derivados (Munteanu; Apetrei, 2021).

Nas últimas décadas, os carotenoides têm despertado grande interesse na área da nutrição humana, atuando como antioxidante biológico e contribuindo para a defesa do organismo contra espécies reativas do oxigênio (ROS), além de desempenharem um papel protetor em pacientes com diabetes e doenças cardiovasculares (Elvira-Torales et al., 2019).

Os carotenoides são pigmentos naturais, que exibem cores desde amarelo, laranja, vermelho a roxo. São os pigmentos mais amplamente distribuídos na natureza, estando presentes em bactérias fotossintéticas, algumas espécies de *Archaea* e fungos, algas, plantas e animais. Ressalta-se que, além de determinarem a coloração de alguns frutos, podem ser associados ao aroma e sabor (Hermanns et al., 2020; Maoka, 2020).

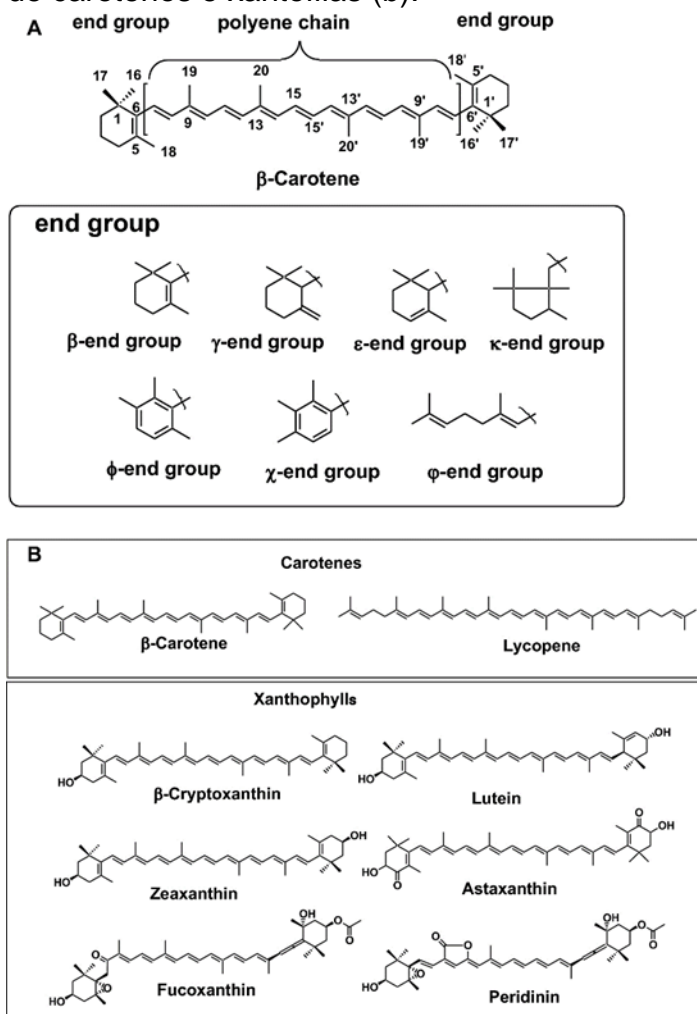
Nas plantas, os carotenoides são essenciais para a fotossíntese e fotoproteção, desempenhando papel crítico como pigmentos de colheita de luz e componentes

estruturais do fotossistema. Os derivados de carotenoides podem atuar como moléculas de sinalização em resposta aos estímulos ambientais e de desenvolvimento ou servir como reguladores do crescimento da planta (Sun et al., 2022).

As abóboras são muito utilizadas na alimentação humana, de forma direta e indireta, por seu custo de aquisição relativamente baixo, sendo mais acessível pelas populações carentes. Esta característica reforça a importância de estudos para disponibilizar frutos com maiores teores de compostos de valor nutricional e funcional. Vários desses compostos, a exemplo de carotenoides, estão presentes na polpa da abóbora. Nas suas sementes, é possível encontrar compostos bioativos, como lipídios, proteínas, polissacarídeos, fitoesteróis, vitaminas e minerais (Rocha et al., 2008; Silva, 2006). Os carotenoides estão particularmente presentes na polpa.

Os carotenoides são divididos em dois grupos, sendo eles os carotenos e as xantofilas (Figura 5). Os carotenos incluem α -caroteno, β -caroteno, γ -caroteno e licopeno, que são hidrocarbonetos, enquanto as xantofilas incluem β -criptoxantina, luteína, zeaxantina, astaxantina, fucoxantina e peridinina, sendo carotenoides que contêm átomos de oxigênio com grupos hidroxil, carbonila, aldeído, carboxílico, epóxido e furanóxido nessas moléculas (Maoka, 2020; Nabi et al., 2020).

Figura 5 - Estruturas químicas básicas dos carotenóides e grupos terminais (a) e estruturas típicas de carotenos e xantofilas (b).



Fonte: Maoka (2020)

2.4 β-Caroteno

Um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de abóbora, além de cultivares com alta produtividade e resistentes a doenças e pragas, é o aumento do teor de carotenoides nos frutos. A possibilidade de direcionar ações para o incremento particularmente do β-caroteno pode resultar em ganhos importantes para a qualidade do fruto e o maior acesso a esses compostos pela alimentação.

Pesquisas sobre os pigmentos naturais em espécies vegetais são datadas do início no século XIX, sendo encontrados nas pápricas (1817), açafraão (1818), urucum (1825), cenoura (1831) e folhas de outono (1837). Após anos de estudos, o número de carotenoides naturalmente encontrados foi aumentando, sendo identificados mais de 750 pigmentos (Maoka, 2020; Nabi et al., 2020).

O β -caroteno é o principal carotenoide presente na dieta humana, sendo encontrado principalmente em frutas e outros vegetais amarelo-alaranjados e verde-escuros, como, por exemplo, cenoura, abóbora, espinafre, mamão, manga, damasco e batatas-doce (Elvira-Torales et al., 2019). Ele é o precursor da vitamina A. Por ter teores de β -caroteno superiores à maioria das hortaliças, a abóbora é normalmente usada na dieta para prevenir a deficiência da vitamina A (Zahra et al., 2020).

O β -caroteno possui benefícios nutricionais como composto antioxidante e seus efeitos à saúde incluem, principalmente, prevenção a doenças cardiovasculares e a alguns tipos de câncer, bem como a doenças crônicas e degenerativas. Portanto, apresenta propriedades anticancerígenas e anti-inflamatórias, além de bactericidas. É possível encontrá-lo na indústria alimentícia como corante natural, suplemento vitamínico e composto ativo para certos medicamentos. No mercado, o β -caroteno é encontrado como uma solução oleaginosa, normalmente em óleo de girassol (Clementz et al., 2019; Martins; Ferreira, 2017; Otálora-Orrego; Martin-G, 2020).

Como um tetraterpenóide, o β -caroteno consiste em 40 átomos de carbono em uma estrutura central de ligações duplas conjugadas, que são substituídas por 2 anéis β -ionona. Com isso, pelo seu sistema estendido de 9 ligações duplas totalmente conjugadas, o β -caroteno irá apresentar um maior pico de absorção no espectro visível com um máximo em ~ 450 nm, que é aquele responsável pela coloração de laranja a vermelha do composto (Britton et al., 1995; Grune et al., 2010). Segundo estudos, o β -caroteno é o isômero mais importante dentre os carotenoides (Ambrosio et al., 2006).

2.5 Histórico, objetivos e estratégias do melhoramento genético em abóbora

Os trabalhos científicos com abóboras ainda são poucos quando comparados com os de outras cucurbitáceas, como o melão e a melancia. No Brasil, estudos sobre melhoramento genético foram iniciados em 1942 pela Seção de Olericultura do Instituto Agrônomo de Campinas, em São Paulo. Após isso, outros programas de melhoramento de planta surgiram pelo país, sendo os principais trabalhos conduzidos pela Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' (da Universidade de São Paulo - USP), Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Universidade Federal de Lavras (UFLA), na década de 70, bem como pela Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária, no início da década de 80 (Ramos et al., 1999).

A existência de um Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Cucurbitáceas na

Embrapa Semiárido foi a base para diversas ações de pesquisa voltadas para o desenvolvimento sustentável das espécies dessa família, incluindo a abóbora.

Em 2007, a execução do projeto intitulado “Caracterização e avaliação morfoagronômica em abóboras visando à identificação de genótipos com alto teor de carotenóides totais e resistentes à mosca branca para cultivo no Semiárido brasileiro” deu início a ações de pré-melhoramento da espécie *C. moschata*, tornando possível as ações de suporte ao programa de melhoramento através da disponibilização de acessos selecionados e que apresentavam características agronômicas e comerciais superiores, para o Semiárido brasileiro principalmente, gerando informações sobre as correlações entre rendimentos e massa média dos frutos, bem como espessura e largura da polpa e os aspectos associados à composição nutricional dos mesmos (Borges et al., 2019). Atualmente, as ações desenvolvidas pelo programa de melhoramento da espécie são coordenadas pela Embrapa Semiárido, existindo uma coleção de trabalho composta por linhagens elite com características comerciais de interesse, bem como com alto valor nutricional.

Entre as estratégias está a obtenção de linhagens pelo método de autofecundação, visando caracteres comerciais de interesse e alto valor nutricional de *C. moschata* ou híbridos entre *C. moschata* e *C. maxima* (Amaro et al., 2017; Borges et al., 2019; Prior et al., 2018). A autofecundação é bastante usada para a obtenção de linhagens, visando híbridos F1, uma vez que, apesar de serem alógamas, praticamente não ocorre perda de vigor devido a endogamia no gênero *Cucurbita* (Whitaker; Robinson, 1986). Sendo assim, a autofecundação é a mais utilizada, principalmente para se obter uniformidade (Cardoso, 2007).

Além dos objetivos relacionados ao valor nutricional da abóbora, frutos com maior espessura de polpa resultarão em mais rendimento para o consumidor, A cor e a textura são atributos cruciais para a classificação comercial dessa espécie, pois estão ligados, respectivamente, aos teores de carotenóides e de fibras na polpa de abóbora (Dang et al., 2023). A abóbora em si já é importante fonte de carotenóides, principalmente de β -caroteno (Souza et al., 2012). Além dos carotenóides, é interessante realizar estudos para a obtenção de abóboras com altos teores de outros compostos de importância para a alimentação, como os compostos fenólicos na polpa.

Diversidade na cor, tamanho e forma do fruto, morfologia da folha, estatura da planta, vida útil dos frutos e padrão alimentar da sociedade em mudança regular induziram os produtores a demandar cultivares com tais características. Além do

surgimento de novos biótipos, cepas, raças de insetos, pragas e patógenos e estresses abióticos decorrentes das mudanças climáticas, a demanda por alimentos mais nutritivos trouxe de forma mais contundente a necessidade de desenvolvimento de genótipos de *Cucurbita* spp com características que atendam essas demandas (Dhatt et al., 2020).

2.6 Estratégias utilizadas no melhoramento genético de abóboras

Nos programas de melhoramento de abóbora, existem diversas tentativas para incrementar a produtividade e a qualidade do fruto. Um dos métodos utilizados é o da seleção recorrente, que permite obter ganhos em características com herança quantitativa, resultando em uma população superior à original (Allard, 1971; Cardoso, 2007; Melo, 1989; Robinson, 1999).

A seleção recorrente é importante para melhorar eficientemente as culturas de polinização aberta e promover a identificação de genótipos superiores. Acredita-se que seja eficaz na obtenção de avanços na fixação de caracteres quantitativos nas populações, mantendo a variabilidade genética. Assim sendo, o vigor natural das culturas de polinização cruzada pode concentrar os alelos desejáveis, promovendo o aumento da frequência de recombinação mais alta em populações contínuas (Resende; Alves, 2021).

Considerando a reprodução sexual, as populações são classificadas de acordo com seu sistema reprodutivo em autógamas, alógamas e mistas ou intermediárias. Nas populações autógamas, a reprodução ocorre, preferencialmente, por autofecundações naturais, podendo, no entanto, ocorrer até 5% de cruzamentos naturais. Ao contrário das autógamas, as populações alógamas reproduzem-se via cruzamentos naturais e eventualmente por autofecundações naturais. Por sua vez, as populações mistas ou intermediárias, reproduzem-se tanto por autofecundações quanto por cruzamentos naturais, sendo que estas taxas variam de 5% a 95% (Ferreira et al., 2004). Especificamente em relação à abóbora e ao seu sistema reprodutivo, são consideradas alógamas, apesar da ampla variabilidade para expressão sexual e considerável influência ambiental na manifestação desta característica. Sendo, monóica, com flores masculinas e femininas na mesma planta, é possível, em programas de melhoramento, obter genótipos através de autofecundação. Nesse caso, utiliza-se a polinização manual, por permitir maior controle nas características de interesse do melhorista com o claro objetivo de fixar

caracteres desejáveis e posterior seleção de linhagens superiores. Em caso da estratégia de recombinação, o objetivo está relacionado à promoção e/ou manutenção de variabilidade.

Em qualquer uma das estratégias a ser adotada, é de grande importância a estimativa de parâmetros genéticos que permitam a seleção em ciclos consecutivos. Por exemplo, a herdabilidade (h), componente de variabilidade genotípica (V_g) e índice de variação (razão CV_g/CV_e), esses componentes são a orientação para a escolha do método de melhoramento mais adequado, maximizando os ganhos da seleção (Blank et al., 2013; Cruz, Regazzi, 2002).

Adicionalmente, o uso dos índices de seleção possibilita avançar o melhoramento para duas ou mais características simultaneamente. O índice de seleção é uma função linear de valores fenotípicos observáveis em diferentes características, sendo os valores observados para cada característica representados por:

$$I = b_1P_1 + \dots + \dots + b_iP_i + \dots + b_nP_n$$

Sendo, P_i o valor fenotípico observado no valor da característica de i^{th} , e b_i é o peso que foi atribuído à característica, como, por exemplo, o rendimento, dias até a maturação e concentração de proteínas, e o 'I' para o particular genótipo (Baker, 2020).

A seleção desejada necessita ser coerente com os objetivos que foram definidos e com o processo de seleção utilizado, para que seja possível obter os resultados esperados. Os diferentes índices utilizados irão representar diversas alternativas de seleção nos programas de melhoramento, como os índices propostos por Hazel (1943) e Smith (1936), que consistem em uma combinação linear de diversos atributos; por Williams (1962), que não necessita de estimativas dos parâmetros genotípicos e fenotípicos, usando assim os valores econômicos; e por Mulamba e Mock (1978), que consiste em um índice de soma de *ranks*, classificando os genótipos a cada uma das características, com uma ordem favorável ao melhoramento.

O índice de modelos mistos (REML/BLUP), que é o método de máxima verossimilhança residual restrita (REML), e os valores fenotípicos e genotípicos (BLUPs), apresenta-se com elementos mais realísticos, gerando resultados mais acurados (Maia et al., 2011). Esse modelo foi originalmente proposto pelo estatístico americano Charles Roy Henderson (1949) e desde então vem sendo usado

rotineiramente. Mas, somente foi utilizado primeiramente no melhoramento de animais. Apenas no final do século XX, passou a ser usado nas plantas. Esse modelo ao nível individual equivale aos índices de seleção multi-efeitos, os quais irão envolver todos os efeitos aleatórios do modelo estatístico associado às observações fenotípicas (Ramalho; Araújo, 2011; Resende, 2000).

Existem muitos desafios quando se trata de melhoramento de abóboras e pela alta demanda para se obter resultados positivos nas características dessa espécie, é evidente a necessidade da utilização de técnicas avançadas e automatizadas para as pesquisas. Essas técnicas forneceriam coletas de dados mais simplificados, esforço humano reduzido, maior precisão e escalabilidade aprimorada para caracterização fenotípica, sendo que, realizado de forma manual será um processo demorado e trabalhoso (Dang et al., 2023). Nos tratos manuais, é necessário alto custo benefício e os resultados aparecerão de forma mais lenta. A partir do uso de tecnologias, as abóboras com maior variabilidade genética em atributos de interesse serão observadas, podendo ser identificadas mais facilmente, descartando aquelas que não são desejadas.

3 REFERÊNCIAS

- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blüchner, 1971. 381 p.
- AMARO, G. B., DA SILVA, G. O., MALDONADE, I. R., MADEIRA, N. R., FAUSTINO, R. M. E. B. Desempenho de genótipos de abóboras e morangas para produtividade e qualidade de frutos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 2, 27075, 2022.
- 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, n. 2, abril/junho, 2017.
- AMBRÓSIO, C. L. B., CAMPOS, F. A. C. S., FARO, Z. P. D. Carotenoids as an alternative against hypovitaminosis A. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 2, p. 233-243, 2006.
- ANTOSZKIEWICZ, Z., FIJALKOWSKA, M., MAZUR-KUSNIREK, M., PRZEMIENIECKI, S., PURWIN, C. Effect of a harvest date and cutting height on the concentrations of carotenoids and tocopherols in *Virginia fanpetals* (*Sida hermaphrodita*) herbage and silage. **Journal of Elementology**, v. 24, n. 4, p. 1195-1202, 2019.
- BAKER, R. J. **Selection indices in plant breeding**. New York. CRC Press, 2020. 232 p.
- BARROS, S. L., FROTA, M. M., MELO, M. O. P., dos SANTOS, I. A., de VASCONCELOS, L. B. Modelagem matemática e cinética de secagem de sementes de abóbora. **VI Congresso Internacional das Ciências Agrárias**, ISSN: 2526-7701, 2022.
- BARBOSA, G. S. **Desempenho agrônomo, caracterização morfológica e polínica de linhagens de abóbora (*C. moschata*) com potencial para o lançamento de cultivares**. Dissertação Mestrado. Campo dos Goitacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 110, 2009.
- BLANK, A. F., SILVA, T. B., MATOS, M. L., FILHO, J. LS. C., SILVA-MANN, R. Parâmetros genotípicos, fenotípicos e ambientais para caracteres morfológicos e agrônômicos em abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 106-111, 2013.
- BORGES, R. M. E., LIMA, M. A. C., MELO, N. F. Correlations between fruit yield and sensory and nutritional quality of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 10, p. 1676-1682, 2019.
- BOTELHO, S. D. C. C., HAUTH, M. R., BOTELHO, F. M., RONCATTO, G., WOBETO, C., & OLIVEIRA, S. S. Qualidade pós-colheita de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62. 2019. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2019.3005>
- BRITTON, G., LIAAEN-JENSEN, S., PFANDER, H. (Eds.) Carotenoids. Vol. 1B: **Spectroscopy**, Birkhäuser Verlag, Boston. 1995, pp. 13-62.

CARDOSO, A. I. I. Seleção para aumento de produtividade e qualidade de frutos em abobrinha 'Piramoita' comparando dois métodos de melhoramento. **Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 397–402. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000300005>

CARVALHO, P. G. B. de, PEIXOTO, A. A. P., FERREIRA, M. A. J. F. **Caracterização de abóboras quanto aos teores de carotenóides totais, alfa- e beta-caroteno**. Embrapa Hortaliças. Brasília: Embrapa Hortaliças. 20p. (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Hortaliças, 78). 2011.

CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Vol. 1. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

CLEMENTZ, A., TORRESI, P., MOLLI, J., CARDELL, D., MAMMARELLA, E., YORI, J. Novel method for valorization of by-products from carrot discards. **LWT**, 100, 374-380. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.085>

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002, 390.

DANG, L. M., NADEEM, M., NGUYEN, T. N., PARK, H. Y., LEE, O. N., SONG, H. K., MOON, H. VPBR: an automatic and low-cost vision-based biophysical properties recognition pipeline for pumpkin. **Plants**, v. 12, n. 14, 2647, 2023. DA SILVA, E. B., DA SILVA, E. S. Aproveitamento integral de alimentos: avaliação sensorial de bolos com coprodutos da abóbora, *Cucurbita moschata*, L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 29, 2012. DE RESENDE, M. D. V., ALVES, R. S. **Genética: estratégias de melhoramento e métodos de seleção**. 2021. p. 171-202. In: OLIVEIRA, E. B. de, PINTO JUNIOR, J. E. (Ed.). O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Brasília, DF: Embrapa, 2021. cap. 3. DHATT, A. S., SHARMA, M., KAUR, B. Advances in improvement of pumpkin and squashes. **Accelerated Plant Breeding**, Vol. 2: Vegetable Crops, p. 301-335, 2020.

ELVIRA-TORALES, L. I., GARCIA-ALONSO, J., PERIAGO-CASTÓN, M. J. Nutritional importance of carotenoids and their effect on liver health: a review. **Antioxidants**, v. 8, n. 7, p. 229, jul. 2019. <https://doi.org/10.3390/antiox8070229>

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 09 setembro 2023.

FERREIRA, M. A. J. da, QUEIROZ, M. A. de, VENCOVSKY, R., BRAZ, L. T., VIEIRA, M. L. C. **Implicações da expressão sexual e do sistema reprodutivo de melancia em programas de pré-melhoramento**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 24 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 65).

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. Ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 421 p.

GOMES, E. da S., MARINS, A. R. de, GOMES, R, G. Avaliação das características químicas e físicas da farinha da abóbora moranga (*Cucurbita maxima*): polpa e sementes. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e36211931811-e36211931811, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31811>

GRUNE, T., LIETZ, G., PALOU, A., ROSS, A. C., STAHL, W., TANG, G., THURNHAM,

D., YIN, S., BIESALSKI, H. K. β -Carotene is an important vitamin a source for humans. **The Journal of Nutrition**, v. 140, Issue 12, 2010, pages 2268S-2285S, <https://doi.org/10.3945/jn.109.119024>.

HELDEN, G., BARBIERI, R. L., NEITZKE, R. S. **Chave para a identificação das espécies de abóboras (*Cucurbita*, *Cucurbitaceae*) cultivadas no Brasil**. Embrapa Clima Temperado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 31p. (Embrapa Clima Temperado, Série Documentos, 197). 2007.

HERMANNNS, A. S., ZHOU, X., XU, Q., TADMOR, Y., LI, L. Carotenoid pigment accumulation in horticultural plants. **Horticultural Plant Journal**, v. 6, n. 6, p. 343-360, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2020.10.002>.

HERNÁNDEZ, S., GALLEGOS, M., VERDÚ, S., BARAT, J. M., TALENS, P., GRAU, R. Physicochemical characterization of texture-modified pumpkin by vacuum enzyme impregnation: textural, chemical, and image analysis. **Food and Bioprocess Technology**, v. 16, n. 1, p. 122-134, 2023. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Abóbora**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/822#resultado>>. Acesso em: 16 de maio de 2023a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Banco de Tabelas Estatísticas. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/abobora-moranga-jerimum/br>>. Acesso em: 16 de maio de 2023b.

KAO, F. J., CHIU, Y. S., CHIANG, W. D. Effect of water cooking on antioxidant capacity of carotenoid-rich vegetables in Taiwan. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 22, n. 2, p. 202–209, 2014.

KIDÓN, M., UWINEZA, P. A. New smoothie products based on pumpkin, banana, and purple carrot as a source of bioactive compounds. **Molecules**, v. 27, n. 10, p. 3049, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27103049>

KLEIN, A. M., FREITAS, B. M., BOMFIM, I. G. A., BOREUX, V., FORNOFF, F., OLIVEIRA, M. O. Insect pollination of crops in Brazil: a guide for farmers, gardeners, politicians and conservationists. [S. l.]: **Nature Conservation and Landscape Ecology**, Albert-Ludwigs University Freiburg, 2020. 149 p.

KOSTECKA-GUGALA, A., KRUCZEK, M., LEDWOŻYŃ-SMOLEŃ, I., KASZYCKI, P. Antioxidants and health-beneficial nutrients in fruits of eighteen *Cucurbita* cultivars: analysis of diversity and dietary implications. **Molecules**, v. 25, art. 1792, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25081792>

KRISHNAMOORTHY, V., AVINASHGUPTA, T. V. Genetic analysis in F3 generation of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch Ex. Poir). **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 12, n. 1, p. 122-128, 2021. <https://doi.org/10.37992/2021.1201.018>

LIMA, M. V., OLIVEIRA, F. I. C. de, RAMOS, S. R. R., FREITAS, B. M., ARAGÃO, F. A. S. de. Flowering phenology and floral biology in pumpkin cultivars. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, 2022, e20218013. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220024>

LIMA, T. M. de, ALMEIDA, A. B. de, SANTANA, R. V., ALVES, E. M., EGEA, M. B. Qualidade físico-química e tecnológica de híbrido experimental de abóbora cabotiá. **Revista Vértices**, v. 21, n. 2, p. 220-232, 2019.

LIU, C., HU, B., CHENG, Y., GUO, Y., YAO, W., QIAN, H. Carotenóides de fungos e

microalgas: uma revisão sobre sua produção, extração e desenvolvimentos recentes. **Bioresource Technology**, v. 337, 2021, 125398. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125398>

LEŠKOVÁ, E., KUBÍKOVÁ, J., KOVÁČIKOVÁ, E., KOŠICKÁ, M., PORUBSKÁ, J., HOLČÍKOVÁ, K. Vitamin losses: retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, n. 4, p. 252–276, 2006.

LOY, J. B. Morpho-physiological aspects of productivity and quality in squash and pumpkins (*Cucurbita* spp.). **Critical Reviews in Plant Sciences**. v. 23, n. 4, p. 337-363, 2004.

MAIA, M. C. C., RESENDE, M. D. V. de, OLIVEIRA, L. C. de, ALVARES, V. de S., MACIEL, V. T., LIMA, A. C. de. Seleção de clones experimentais de cupuaçu para características agroindustriais via modelos mistos. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 35- 43, 2011.

MALDONADE, I. R., LOZADA, M. I. O., AMARO, G., OLIVEIRA, L. de L. de, LUENGO, R. de F., MACHADO, E. R. **Propriedades funcionais e nutracêuticas de sementes de cucurbitáceas**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. 22 p.: il. color. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Hortaliças, ISSN 1677-2229, 197).

MAOKA, T. Carotenoids as natural functional pigments. **Journal of Natural Medicines**, v. 74, p. 1–16. 2020. <https://doi.org/10.1007/s11418-019-01364-x>

MARTINS, N., FERREIRA, I. Wastes and by-products: upcoming sources of carotenoids for biotechnological purposes and health-related applications. **Trends in Food Science y Technology**, 62, 33-48. 2017 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.014>

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J., MANDIĆ, A. I., BANTIS, F., BÖHM, V., BORGE, G. I. A., BRNČIĆ, M., BYSTED, A., CANO, M. P., DIAS, M. G., ELGERSMA, A., FIKSELOVÁ, M., GARCÍA-ALONSO, J., GIUFFRIDA, D., GONÇALVES, V. S. S., HORNERO-MÉNDEZ, D., KLJAK, K., LAVELLI, V., MANGANARIS, G. A., MAPELLI-BRAHM, P., MAROUNEK, M., OLMEDILLA-ALONSO, B., PERIAGO-CASTÓN, M. J., PINTEA, A., SHEEHAN, J. J., SAPONJAC, V. T., VALSÍKOVÁ-FREY, M., MEULEBROEK, L. V., O'BRIEN, N. A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: *status quo*, applications, patents, and research needs. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 62, n. 8, p. 1999-2049. 2022.

MELO, P.C.T. **Melhoramento genético do tomateiro**. Campinas: Asgrow do Brasil, 55 p. 1989.

MIGLIO, C., CHIAVARO, E., VISCONTI, A., FOGLIANO, V., PELLEGRINI, N. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 1, p. 139–147, 2008.

MUNTEANU, I. G., APETREI, C. Analytical methods used in determining antioxidant activity: a review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 7, p. 3380, 2021.

NABI, F., ARAIN, M. A., RAJPUT, N., ALAGAWANY, M., SOOMRO, J., UMER, M., SOOMRO, F., WANG, Z., YE, R., LIU, J. Health benefits of carotenoids and potential

application in poultry industry: a review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 6, p. 1809-1818, nov, 2020. <https://doi.org/10.1111/jpn.13375>

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, n. 121. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-00342-9>.

NTSOANE ML, ZUDE-SASSE M, MAHAJAN P AND SIVAKUMAR D. Quality assessment and postharvest technology of mango: a review of its current status and future perspectives. **Scientia Horticulturae**, v. 249, p. 77-85, 2019

OTÁLORA-ORREGO, D., MARTIN-G, D. A. Técnicas emergentes de extracción de β -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. **Informador Técnico**, Colômbia, v. 85, n. 1, p. 83-103, 2020. <https://doi.org/10.23850/22565035.2857>

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. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 4, p. 337-345, jul/ago, 2018.

PRIORI, D., VALDUGA, E., VIZZOTTO, M., VALGAS, R. A., BARBIERI, R. L. Pumpkin landraces from southern Brazil as functional foods. **Food Science and Technology**, v. 42, 2022, e92821. <https://doi.org/10.1590/fst.92821>

RAMALHO, M. A. P., ARAÚJO, L. C. A. Breeding self-pollinated plants. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.11, p. 1-7, no. spe, Viçosa, June 2011.

RAMOS, S. R. R., DE QUEIRÓZ, M. A., CASALI, V. W. D., CRUZ, C. D. **Recursos genéticos de Cucurbita moschata: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro**. In: QUEIROZ, M. A. de, GOEDERT, C. O., RAMOS, S. R. R. (Ed.). Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999., 1999.

RESENDE, M.D.V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo, PR: Editora Embrapa Florestas, 101 p. 2000.

ROBINSON, R. W. Rationale and methods for producing hybrid cucurbit seed. **Journal of New Seeds**, Binghamton, v.1, n.3/4, p.1-47, 1999.

ROCHA, S. A., LIMA, G. P., LOPES, A. M., BORGUINI, M. G., CICCONE, V. R., BELUTA, I. Fibras e lipídios em alimentos vegetais oriundos do cultivo orgânico e convencional. **Revista Simbio – Logias**, v. 1, n. 2, p. 1-9, 2008.

RODRÍGUEZ-CONCEPCION, M., AVALOS, J., BONET, M. L., BORONAT, A., GOMEZ-GOMEZ, L., HORNERO-MENDEZ, D., LIMON, M. C., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J., OLMEDILLA-ALONSO, B., PALOU, A., RIBOT, J., RODRIGO, M. J., ZACARIAS, L., ZHU, C. A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. **Progress in Lipid Research**, v. 70, p. 62–93. 2018. doi:10.1016/j.plipres.2018.04.004.

ROWLES III, J. L., ERDMAN JR, J. W. Carotenoids and their role in cancer prevention. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids**, v.

1865, n. 11, p.158613, 2020.

SAMPATH, S., KRISHNAMOORTHY, V. Genetic variability, correlation and path analysis in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. ex. Poir). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 6, p. 3027-3035, 2017.

SÁTIRO, L. de S., COSTA, F. B. da, NASCIMENTO, A. M. do, SILVA, J. L. da, NOBRE, M. A. F., ARAÚJO, C. R. de, LIRA, R. P. de. Avaliação da qualidade físico-química da abóbora brasileira (*Cucurbita moschata*) minimamente processada. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, e58953202-e58953202. 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3202>

SILVA, M. C. P. Teste de tetrazólio em sementes de abóbora (*Cucurbita moschata*). 17 f. Monografia *latu senso* - UFLA, Lavras, 2006.

SINGH, A., RAIGOND, P., LAL, M. K., SINGH, B., THAKUR, N., CHANGAN, S. S., KUMAR, D., DUTT, S. Effect of cooking methods on glycemic index and in vitro bioaccessibility of potato (*Solanum tuberosum* L.) carbohydrates. **LWT**, v. 127, 2020.

SIVAKUMAR, D., JIANG, Y., YAHIA, E. M. Maintaining mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality during the export chain. **Food Research International**, Volume 44, Issue 5, 2011, Pages 1254-1263, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.022>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996910004552>).

SOUZA, C. O. de, MENEZES, J. D. de S., NETO, D. C. R., ASSIS, J. G. de A., DA SILVA, S. R., DRUZIAN, J. I. Carotenoides totais e vitamina A de cucurbitáceas de Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 926-933, mai. 2012.

SUN, T., RAO, S., ZHOU, X., LI, L. Plant carotenoids: recent advances and future perspectives. **Molecular Horticulture**, v. 2, n. 3, 2022. <https://doi.org/10.1186/s43897-022-00023-2>.

TREVISAN, R., TREPTOW, R. O., GONÇALVES, E. D., ANTUNES, L. E. C., HERTER, F. G. Atributos de qualidade considerados pelo consumidor de Pelotas/RS, na compra de pêssego in natura. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 12, n. 3, p. 371-374, jul-set, 2006.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Agricultura Research Service. USDA national nutrient database for standard reference, release 25**. Disponível em: <http://fdc.nal.usda.gov/>. Acesso em: 18 outubro 2023.

VALE, C. P. do, LOQUETE, F. C. C., ZAGO, M. G., CHIELLA, P. V., BERNARDI, D. M. Composição e propriedades da semente de abóbora. **FAG Journal Of Health**, [S.L.], v. 1, n. 4, p. 79-90, 20 dez. 2019.

WHITAKER, T. W., ROBINSON, R. W. Squash breeding. In: BASSET, M. J. (Ed.) **Breeding vegetable crops**. Westport: Avi Publishing, 1986. Cap.6, p.209-242.

ZAHRA, N., HINA, S., MASOOD, S., KALIM, I., SAEED, M. K., AHMAD, I., ARSHAD, M. Exploration of locally grown yellow and green pumpkin as a potential source of b-carotene and vitamin a: short communication: yellow and green pumpkin source of vitamin A. **Biological Sciences-PJSIR**, Pakistan, v. 63, n. 3, 238-241. 2020.

ZAKYNTHINOS, G., VARZAKAS, T. Carotenoids: from plants to food industry.

Current Research in Nutrition and Food Science, v. 4, n. 1, p. 38-51, 2016.

ZAHRA, N., HINA, S., MASOOD, S., KALIM, I., SAEED, M. K., AHMAD, I., ARSHAD, M. Exploration of locally grown yellow and green pumpkin as a potential source of β -carotene and vitamin a: short communication: yellow and green pumpkin source of vitamin A. **Biological Sciences-PJSIR**, v. 63, n. 3, p. 238-241, 2020.

ZHU, L., ZHU, H., LI, Y., WANG, Y., WU, X., LI, J., ZHANG, Z., WANG, Y., HU, J., YANG, S., YANG, L., SUN, S. Genome wide characterization, comparative and genetic diversity analysis of simple sequence repeats in *Cucurbita* species. **Horticulturae**, v.7, art.143, 2021.

CAPÍTULO II

SELEÇÃO RECORRENTE DE GENÓTIPOS DE ABÓBORA (*Cucurbita moschata*) PARA INCREMENTO DA QUALIDADE DOS FRUTOS

Artigo a ser submetido na revista Agronomy (2073-4395), sendo apresentado segundo normas de publicação desta revista.

RESUMO

Os programas de melhoramento genético de abóbora buscam desenvolver cultivares que atendam as necessidades de produção, qualidade comercial e valor nutritivo para o consumidor, levando em consideração diversos atributos. O objetivo desse estudo foi a seleção de genótipos de abóboras (*Cucurbita moschata*) com alta qualidade de fruto para futuras seleções no programa de melhoramento genético. Foram realizados dois ciclos de produção, sendo que o primeiro (população x_0) consistiu de 12 linhagens, obtidas previamente, cujos frutos foram avaliados para seleção de genótipos para avaliação em um segundo ciclo (população x_1), considerando os melhores frutos. As avaliações consideraram parâmetros genéticos, predição de ganho genético e seleção de genótipos com frutos de melhor qualidade. A variância genética determinada variou de 0,001 a 10472,571. Os resultados mostraram influência do ambiente e ganhos genéticos negativos em algumas variáveis. No segundo ciclo de produção e utilizando a técnica de Mulamba e Mock, foi possível novo ranqueamento e seleção dos melhores genótipos. Os valores positivos encontrados na variância genética (V_g) indica o potencial de avanço em novas etapas de seleção para o desenvolvimento de cultivares de abóbora com qualidade superior, incluindo comprimento e maior espessura da polpa.

Palavras-chave: abóbora, compostos funcionais, índice de seleção, parâmetros genéticos, predição de ganho genético.

ABSTRACT

Pumpkin breeding programs aim at developing cultivars that meet the needs for production, commercial quality, and nutritional value for consumers by taking into account several attributes. From this perspective, the objective of this study was to select pumpkin genotypes (*Cucurbita moschata*) with high fruit quality for future selection in genetic improvement programs. Two production cycles were performed, with the first (population x0) consisting of 12 lines obtained previously, whose fruits were evaluated for the selection of genotypes for evaluation in a second cycle (population x1), by considering the best fruits. The evaluations considered genetic parameters, the prediction of genetic gains, and the selection of genotypes with fruits of better quality. The genetic variance determined ranged from 0.001 to 10472.571. The results highlighted the influence of the environment and negative genetic gains in some variables. In the second production cycle and using the technique of Mulamba and Mock, it was possible to perform a new ranking and select the best genotypes. The positive values found in the genetic variance (V_g) indicate the potential for advance in new selection stages in order to develop pumpkin cultivars with superior quality, including fruit length and higher pulp thickness.

Keywords: pumpkin, functional compounds, selection index, genetic parameters, genetic gain prediction.

1 INTRODUÇÃO

A abóbora (*Cucurbita moschata*) é uma hortaliça economicamente importante, que vem recebendo atenção nos últimos anos devido aos nutrientes e compostos bioativos presentes nas sementes e frutos (Han et al., 2022). Ela apresenta frutos com polpa de coloração variando do amarelo mais intenso para o laranja, revelando altos níveis de carotenóides, principalmente α e β -caroteno, β -criptoxantina, luteína e zeaxantina (Boiteux et al., 2007; Grassino et al., 2023; Stupar et al., 2021). Destes, o β -caroteno é o mais abundante e tem sua importância destacada pela alta atividade pró-vitamina A (Mokhtar et al., 2021; Stupar et al., 2021).

No Brasil, a deficiência em vitamina A é um grave problema de saúde pública, principalmente em mulheres em idade reprodutiva e menores de 5 anos (Miglioli et al., 2015). Estudos apontam que manifestações oculares, como cegueira noturna e xeroftalmia, foram associadas à deficiência de vitamina A e desnutrição protéico-energética, geralmente decorrentes de um baixo teor de carotenóides, principalmente β -caroteno (Janani et al., 2018). Desta forma, disponibilizar soluções tecnológicas acessíveis à população que lhes permita ampliar a ingestão de fontes de vitamina A pela dieta podem resultar em benefícios de alto impacto social e econômico.

O programa de melhoramento genético de abóbora da Embrapa se baseia na variabilidade do germoplasma coletado no Nordeste do país. Considera-se que a avaliação desse germoplasma promove boas chances de ganhos em genótipos com altos teores de carotenóides, principalmente β -caroteno. O programa já desenvolveu progênies com características de interesse comercial e nutricional para futuras seleções (Borges et al. 2019a).

Numa estratégia de melhoramento genético, a escolha de genitores é uma decisão importante que, aliado ao conhecimento dos mecanismos que controlam as principais características agrônômicas de interesse da espécie, permite avanços científicos e tecnológicos. Esses mecanismos embasam a escolha de métodos de cruzamentos mais eficazes (Borém e Miranda, 2005; Darrudi et al., 2018).

Mesmo a abóbora sendo uma planta alógama (em que se realiza polinização cruzada preferencialmente), ainda é possível realizar a autofecundação (Cardoso, 2007). Sendo assim, a seleção recorrente é recomendada para a obtenção de ganhos superiores. Esse método pode alcançar com eficiência a melhoria quantitativa das

características da população e manter a variação genética. Borges et al. (2017), por meio da seleção de caracteres associados à polpa do fruto, obteve ganhos de seleção de 29,71%, para carotenóides, e de 29,75%, para β -caroteno, em um ciclo de produção de abóbora.

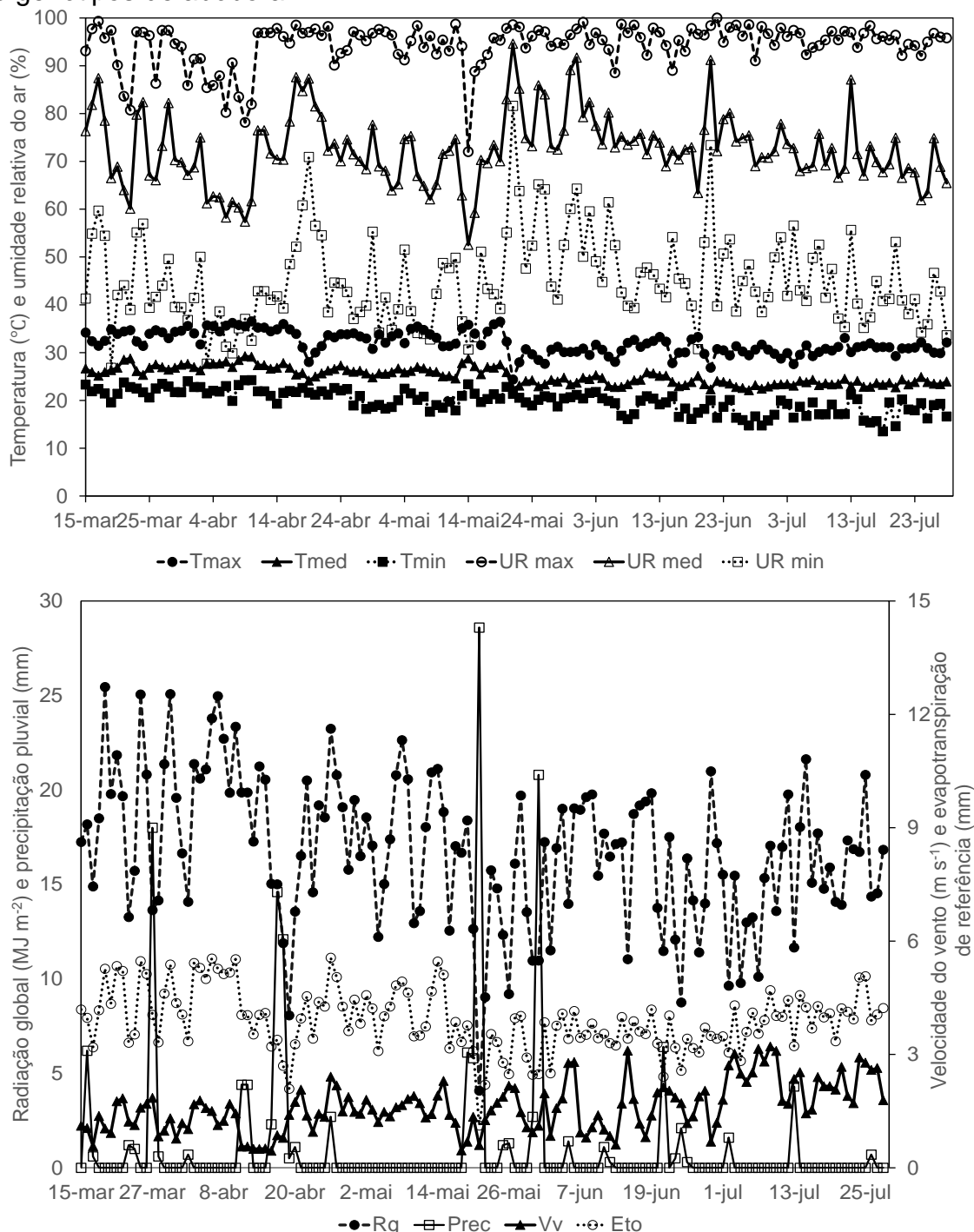
O objetivo deste trabalho foi a seleção de genótipos de abóboras (*Cucurbita moschata*) com alta qualidade de fruto para futuras seleções no programa de melhoramento genético.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições experimentais

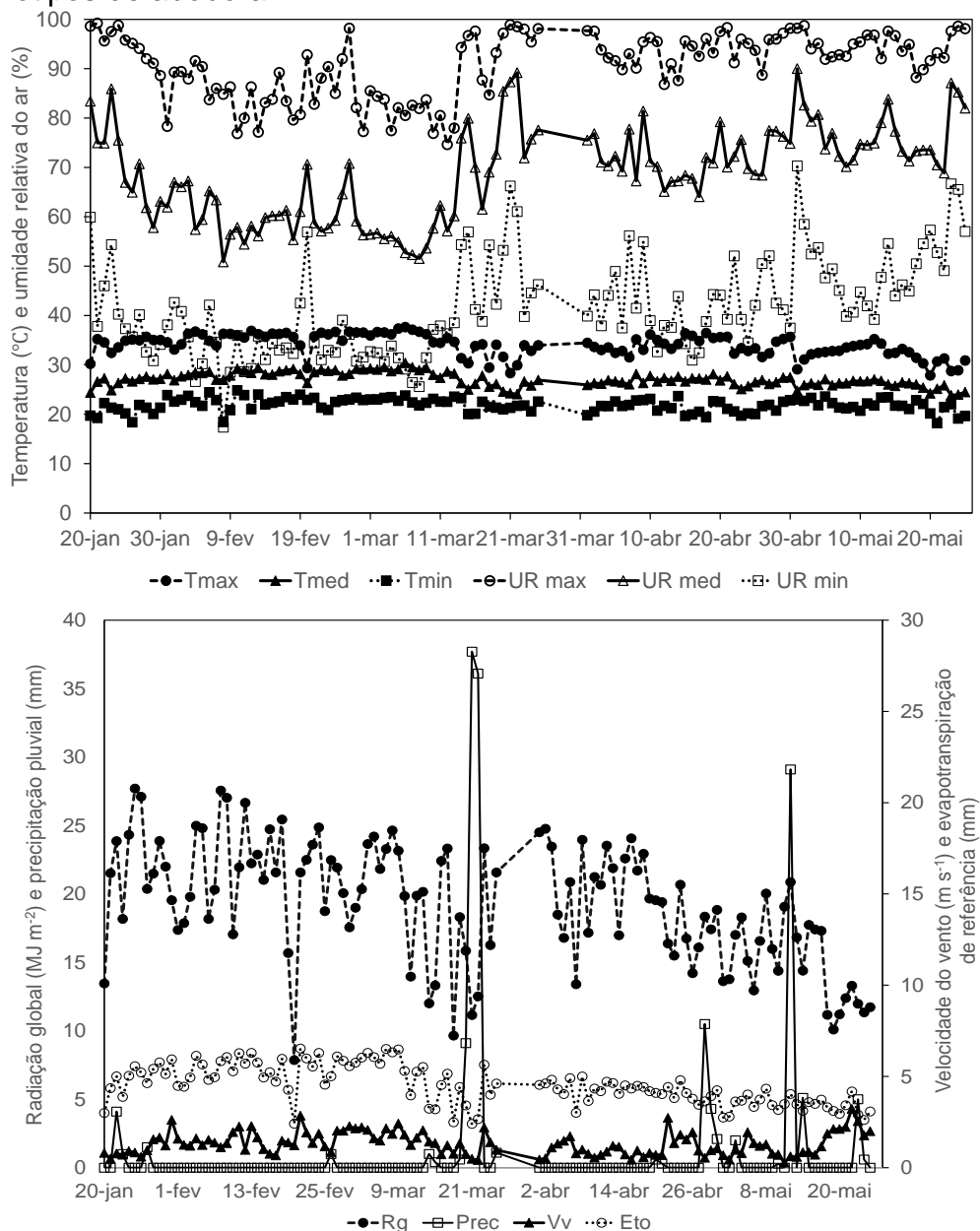
A área de estudo estava localizada no Campo Experimental de Bebedouro, da Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE (09°09'S, 40°22'O, 365,5 m de altitude). Foram avaliados dois ciclos de produção, sendo o primeiro realizado de março a julho de 2022, com o transplântio das plantas para campo realizado em 15 de março e a colheita no dia 28 de julho. O segundo ciclo de produção compreendeu os meses de janeiro a maio de 2023, sendo o transplântio das plantas para campo realizado em 20 de janeiro e a colheita em 25 de maio. Em cada um dos ciclos de produção, foram selecionados os genótipos superiores, considerando-se um índice de seleção de 10%. Os dados meteorológicos dos períodos correspondentes aos dois ciclos de produção estão apresentados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Dados meteorológicos diários do Campo Experimental de Bebedouro, referentes ao período do primeiro ciclo de produção, no ano de 2022, para seleção de genótipos de abóbora.



Fonte: Estação Agrometeorológica de Bebedouro, Petrolina, PE, sendo: Tmed= Temperatura média; Tmax= Temperatura máxima; Tmin= Temperatura mínima; UR= Umidade relativa; Rg = Radiação solar global incidente; Vv= Velocidade do vento à altura de 2,0 m; Prec.= Precipitação pluvial; Eto= Evapotranspiração de referência (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2023).

Figura 2 - Dados meteorológicos diários do Campo Experimental de Bebedouro, referentes ao período do segundo ciclo de produção, no ano de 2023, para seleção de genótipos de abóbora.










Fonte: Estação Agrometeorológica de Bebedouro, Petrolina, PE, sendo: Tmed= Temperatura média; Tmax= Temperatura máxima; Tmin= Temperatura mínima; UR= Umidade relativa; Rg = Radiação solar global incidente; Vv= Velocidade do vento à altura de 2,0 m; Prec.= Precipitação pluvial; Eto= Evapotranspiração de referência (EMBRAPA SEMIÁRIDO, 2023).

2.2 Material Genético

A população original (x_0) avaliada no primeiro ciclo de produção foi composta por 12 linhagens. Essas linhagens foram obtidas por autofecundação no programa de melhoramento da espécie, na Embrapa Semiárido (Tabela 1), selecionadas a partir






de características comerciais de interesse. Dessas 12 linhagens, os melhores frutos foram escolhidos com base nos aspectos visuais e ausência de danos na casca.

Tabela 1 - Características das linhagens elite do programa de melhoramento de abóboras da Embrapa Semiárido avaliadas no primeiro ciclo de produção.

TRATAMENTO	ACESSO DE ORIGEM NO BAG	DESCRIÇÃO
Linhagem 1 	545	Fruto de formato achatado, com coloração alaranjada predominante na casca e intensidade clara, sendo que a casca secundária apresenta coloração creme e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária marmorizada e a cor do pedicelo é variegada. Apresenta textura lisa e sem presença de verrugas.
Linhagem 2 	569	Fruto de formato achatado, com coloração alaranjada predominante na casca e intensidade média. A coloração secundária da casca é verde e com intensidade média. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária marmorizada e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa e sem presença de verrugas.
Linhagem 3 	569	Fruto de formato achatado, com casca de coloração creme predominante e intensidade média, tendo o creme como coloração secundária e de intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária em pontos e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e sem gomosidade.
Linhagem 4 	545	Fruto de formato achatado, com casca de cor alaranjada predominante e de intensidade média. A casca secundária apresenta coloração creme e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária marmorizada e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e sem gomosidade.
Linhagem 5 	545	Fruto de formato achatado, com coloração creme predominante da casca e intensidade média, sendo que a casca secundária apresenta coloração amarela e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária em pontos e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e sem gomosidade.
Linhagem 6 	545	Fruto de formato achatado, com coloração da casca predominantemente alaranjada e intensidade clara. A casca secundária apresenta coloração creme e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária marmorizada e a cor do pedicelo é variegada. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e com média gomosidade.
Linhagem 7 	545	Fruto de formato globular, com coloração creme predominante da casca e intensidade média, sendo que a casca secundária apresenta coloração amarela e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária marmorizada e a cor do pedicelo é variegada. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e com leve gomosidade.

Continua...

Continuação...

TRATAMENTO	ACESSO DE ORIGEM NO BAG	DESCRIÇÃO
Linhagem 8 	545	Fruto de formato achatado, com casca de cor alaranjada predominante e intensidade clara. A casca secundária apresenta coloração creme e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária marmorizada e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e sem gomosidade.
Linhagem 9 	569	Fruto de formato achatado, com coloração predominante da casca de cor creme e intensidade média, tendo casca secundária de coloração amarela e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária em pontos e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e com gomosidade.
Linhagem 10 	569	Fruto de formato achatado, com coloração predominante da casca de cor creme e intensidade média, sendo que a casca secundária apresenta coloração creme e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária em pontos e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e sem gomosidade.
Linhagem 11 	569	Fruto de formato globular, com coloração da casca predominante creme e intensidade média, tendo casca secundária apresentando coloração creme e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária em pontos e a cor do pedicelo é amarelo. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e sem gomosidade.
Linhagem 12 	569	Fruto de formato piriforme, com casca de coloração predominante alaranjada e intensidade escura. A casca secundária apresenta coloração alaranjada e com intensidade clara. O fruto apresenta distribuição da coloração secundária marmorizada e a cor do pedicelo é variegada. Apresenta textura lisa, sem presença de verrugas e com leve gomosidade.

A partir dos resultados das variáveis analisadas no primeiro ciclo, foram selecionadas os melhores frutos cujas sementes foram usadas no experimento seguinte. O segundo ciclo de produção (população x_1) foi constituído por 10 fileiras de plantio contendo 19 plantas cada uma. Neste, também foi escolhido, na colheita, o melhor fruto de cada planta para avaliação.

2.3 Plantio, transplântio e manejo da cultura

A sementeira realizada nos dois ciclos de produção foi feita em bandejas de poliestireno expandido (EPS - isopor) preenchidas com substrato comercial apropriado e colocando uma semente por célula. O transplântio para o local definitivo aconteceu aos 13 dias após a sementeira. Este local teve solo previamente preparado por meio de aração a 30 cm de profundidade, seguida de gradagem e sulcamento. O espaçamento utilizado foi 4 m x 2 m e a área foi irrigada por meio de sistema de gotejamento.

Aos 120 dias após o transplântio para o campo, foi realizada a colheita dos frutos de forma manual. Os frutos foram colhidos separadamente por planta para serem pesados, selecionando-se o melhor para avaliação. Os melhores frutos de cada planta foram identificados e transportados para o laboratório de Fisiologia Pós-colheita, na Embrapa Semiárido, para avaliação.

As variáveis analisadas foram massa, comprimento, diâmetro maior e menor, espessura da casca e da polpa, diâmetro da cavidade, cor da casca e da polpa (avaliada por meio de luminosidade - L, cor - C e ângulo Hue - H); acidez titulável (AT) e os teores de sólidos solúveis (SS), carotenóides, β -caroteno, γ -caroteno, licopeno, criptoxantina e xantofila. Foi realizado um ranqueamento dos genótipos, utilizando o índice de seleção de 10%, resultando nos 19 melhores frutos. As sementes dos frutos selecionados no primeiro ciclo de produção foram misturadas entre si para o novo experimento em que as plantas foram submetidas à polinização aberta.

No segundo experimento, os 190 frutos foram avaliados e, após a obtenção dos dados, aplicou-se um índice de seleção de 10%, para um novo ranqueamento. Essa seleção foi realizada com base nas análises de massa, comprimento, diâmetro maior e menor, espessura média da casca e da polpa, diâmetro da cavidade, cor da

casca e da polpa (L, C e H), firmeza da polpa, teor de SS, AT e teor de ácido ascórbico.

2.4 Características de qualidade

No laboratório de Fisiologia Pós-colheita, os frutos foram mantidos em temperatura ambiente e avaliados individualmente. Foram realizadas avaliações físicas e químicas. Sendo assim, a massa do fruto foi obtida em balança semianalítica digital, em que os valores foram gerados em kg. Comprimento, diâmetro maior e menor, diâmetro longitudinal e mediano da cavidade interna do fruto foram determinados com o uso de paquímetro digital e uma régua, com os valores obtidos em cm. Para espessura da casca e da polpa, ainda com o uso do paquímetro digital, os resultados foram obtidos em mm.

Para a leitura da cor da casca e da polpa do fruto, foi utilizado o colorímetro digital Konica Minolta, obtendo-se os atributos L (luminosidade), que corresponde a uma faixa de leitura de 0 (cor preta) a 100 (cor branca); o C (croma), que inicia no valor 0 e aumenta conforme a intensidade da cor; e H (ângulo Hue ou ângulo de cor), cujos valores variam de 0 a 360°, sendo 0° = vermelho, 90° = amarelo, 180° = verde e 270° = azul. Os valores intermediários entre os pontos de ângulo Hue indicados correspondem a transições entre as cores específicas.

A firmeza da polpa foi determinada em duas fatias de cada fruto, sendo retiradas de lados opostos. Os resultados foram obtidos através do uso de um texturômetro eletrônico digital (Texture Analyser TA.XT.plus), com os valores expressos em Newton (N).

Para a determinação das análises químicas, o suco da polpa foi extraído utilizando centrífuga de alimentos. Com o suco obtido, foram determinados: teor sólidos solúveis (SS), cuja leitura foi realizada em refratômetro Milwaukee (841 Refractometer) e resultados expressos em °Brix, segundo AOAC (2010); e acidez titulável (AT), utilizando uma bureta contendo hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N, com valores apresentados em percentagem de ácido cítrico (AOAC, 2010). No segundo ciclo de produção, também foi realizada a análise de teor de ácido ascórbico, por meio de titulação usando solução de Tilman (DFI – 2,6 dicloro-fenol indofenol) a 0,02%, com resultados expressos em mg.100 mL⁻¹ (Strohecker e Henning, 1967).

No primeiro ciclo de produção, foram realizadas análises do teor de

carotenóides totais, segundo método recomendado Rodriguez-Amaya e Kimura (2004), em que 7 g de polpa de cada fruto foram triturados em almofariz com celite com posterior extração nos solventes acetona e éter de petróleo. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro ultravioleta visível, modelo Cary 50 Bio, a 850 nm, com resultados expressos em $\mu\text{g.g}^{-1}$. A partir do mesmo extrato obtido para a quantificação de carotenoides totais, foram determinados os teores de β -caroteno, γ -caroteno, licopeno, criptoxantina e xantofila. O extrato foi ressuspenso com acetona e os compostos determinados por meio de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), utilizando-se equipamento Waters, modelo 36 Alliance e2695, acoplado a Detector de Arranjo de Diodos (DAD) 2998, a 450 nm. Os extratos foram conduzidos em coluna YMC Carotenoid – C 30, (4,6 × 150 mm, 3 μm), utilizando-se o gradiente: 0 min, 80 % Metanol + 20% Terc Butil Metil Éter; 0,5 min, 75% Metanol + 25% Terc Butil Metil Éter; 15 min, 15 % Metanol + 85 % Terc Butil Metil Éter; 15,05 min, 10% Metanol + 90 % Terc Butil Metil Éter; 16,5 min, 10 % Metanol + 90 % Terc Butil Metil Éter; 16,55 min, 80 % Metanol + 20 % Terc Butil Metil Éter; 22 min, 80 % Metanol + 20 % Terc Butil Metil Éter, com fluxo de 0,8 mL min^{-1} e temperatura do forno de 33 °C. Os valores foram expressos em $\mu\text{g.g}^{-1}$.

2.5 Análises estatísticas

Com exceção da herdabilidade que foi estimada através do software GENES (Cruz, 2013), os componentes de variância foram estimados pelo método de máxima verossimilhança residual restrita (REML) e os valores fenotípicos e genotípicos (BLUPs) foram previstos usando o software Selegen-REML/BLUP (Resende, 2016). Adotou-se o modelo 01, indicado para avaliação de indivíduos em progênes de meios irmãos ou polinização aberta em espécies alógamas (Resende, 2007), sendo representado em forma de matriz como:

$$y = X_r + Z_a + W_p + e$$

Em que:

y é o vetor de dados;

r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixo) somados à média;

a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios);

p é o vetor dos efeitos das parcelas (aleatórios);

e é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios);

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Foram estimados os parâmetros genéticos: variância genética aditiva (V_g); variância ambiental entre as variâncias residual (V_e) e variância fenotípica individual (V_f); acurácia da seleção de progênes (Ac_{prog}); coeficiente de variação genética aditiva individual ($CV_{gi}\%$); coeficiente de variação genotípica entre progênes ($CV_{gp}\%$); coeficiente de variação residual ($CV_e\%$); coeficiente de variação relativa (CV_r); variância do erro de predição dos valores genotípicos da progênie, assumindo sobrevivência completa (PEV), e desvio padrão do valor genotípico predito de progênie, assumindo sobrevivência completa (SEP).

No primeiro ciclo de produção, os dados foram obtidos através dos valores genéticos (BLUPs) e o índice de seleção multivariado de Mulamba e Mock (1978) foi utilizado para selecionar os indivíduos superiores na avaliação conjunta de todas as características. O índice de seleção multivariado foi calculado com todas as características de qualidade, que foram padronizadas e multiplicadas pelo coeficiente de ponderação (K_x) adotado para cada variável e de acordo com sua respectiva importância para a qualidade da abóbora. Dessa forma, cada variável foi padronizada para a unidade, de forma que cada uma tivesse o mesmo peso relativo, e multiplicado pelo coeficiente de ponderação (K_x). O software Excel foi utilizado para o cálculo do índice de seleção (SI) através da fórmula:

$$SI = K_1 * ((\text{massa dos frutos} - \text{min}_1) / R_1) + K_2 * ((\text{rendimento de polpa} - \text{min}_2) / R_2) + K_3 * ((\text{diâmetro transversal} - \text{min}_3) / R_3) + \dots + K_n * ((\text{teor de amido} - \text{min}_n) / R_n),$$

Em que:

$K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ são os coeficientes de ponderação atribuídos às variáveis (Tabela 2);

$\text{min}_1, \text{min}_2, \text{min}_3, \dots, \text{min}_n$ são os valores mínimos assumidos pelas variáveis;

$R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$ são as faixas de variação das variáveis.

Tabela 2 - Coeficiente de ponderação (K_x) adotado para atributos de qualidade e compostos bioativos dos frutos utilizados para selecionar os genótipos de abóbora mais promissores.

Característica	Kx	Característica	Kx
Massa do fruto	3	Ângulo Hue da polpa (H_2)	5
Comprimento	3	Teor de sólidos solúveis	3
Diâmetro maior	3	Acidez titulável	3
Diâmetro menor	2	Teor de ácido ascórbico	5
Espessura da casca	4	Firmeza da polpa	4
Espessura da polpa	5	Teor de carotenoides totais	5
Diâmetro da cavidade	4	Teor de β -caroteno	5
Luminosidade da casca (L_1)	1	Teor de γ -caroteno	2
Croma da casca (C_1)	3	Teor de licopeno	1
Ângulo Hue da casca (H_1)	5	Teor de criptoxantina	2
Luminosidade da polpa (L_2)	1	Teor de xantofila	2
Croma da polpa (C_2)	3		

O índice de seleção foi utilizado para classificar os genótipos do primeiro ciclo, aplicando-se uma intensidade de seleção de 10% e selecionando os 19 melhores genótipos. A partir dos genótipos selecionados, os ganhos foram previstos para cada característica de acordo com a seguinte equação:

$$GG\% = \frac{\bar{X}_m - \bar{X}_0}{\bar{X}_0} \times 100$$

Em que:

GG (%) é o ganho na seleção do melhor genótipo da população para a característica;

\bar{X}_m é o BLUP médio do genótipo selecionado da população; e

\bar{X}_0 é o BLUP geral de todos os genótipos para a característica.

Para o segundo ciclo, a seleção foi realizada utilizando-se novamente o índice de seleção multivariado de Mulamba e Mock, aplicando-se uma intensidade de seleção de 10%.

3 RESULTADOS

Todas as estimativas da variância genética (V_g) foram positivas, com valores variando de 0,001, para criptoxantina (Crip), a 10472,571, para carotenoides totais (Car), sendo os menores valores observados para acidez titulável (AT), γ -caroteno (γ car), licopeno (Lic), xantofila (Xan), diâmetro maior (DMN), espessura da casca (MEC) e diâmetro da cavidade (DC) (Tabela 3). Para a variância fenotípica individual (V_f), algumas variáveis apresentaram estimativas superiores a V_g , sendo elas: massa (M), DMN, DC, croma da casca (CC), luminosidade da polpa (LP), ângulo Hue da polpa (HP), teor de sólidos solúveis (SS), AT, Car, teor de β -caroteno (β car) e γ car. Particularmente, os valores de AT, com V_f de 0,000051 e V_g de 0,000019, e de γ -caroteno (V_f de 0,003024 e V_g de 0,000605) foram muito baixos.

Tabela 3 - Parâmetros genéticos de 21 variáveis a partir das análises pelo software Genes e REML (máxima verossimilhança residual restrita) e os BLUPs (valores fenotípicos e genotípicos) pelo software Selegen em genótipos de abóboras.

Variável	Parâmetro genético											média geral
	Vg	Ve	Vf	Acprog	h	CVgi%	CVgp%	CVe%	CVr	PEV	SEP	
M (Kg)	21,45	277,32	300,28	0,46	0,147	77,83	38,91	130,37	0,30	4,23	2,06	3,03
C (cm)	86,07	-58,24	28,15	0,99	0,976	57,01	28,50	7,71	3,70	0,51	0,72	16,27
DMA (cm)	20,53	-10,68	10,51	0,95	0,901	21,46	10,73	6,00	1,79	0,48	0,70	21,11
DMN (cm)	1,37	4,17	5,57	0,70	0,792	12,86	6,43	11,40	0,56	0,17	0,42	8,93
MEC (mm)	1,11	-0,23	0,93	0,91	0,951	23,63	11,81	9,39	1,26	0,05	0,22	4,46
MEP (mm)	110,57	-61,83	48,94	0,97	0,753	38,32	19,16	7,66	2,50	1,40	1,18	27,44
DC (cm)	1,96	4,22	6,20	0,75	0,34	11,49	5,74	8,82	0,65	0,22	0,46	13,81
LC	119,91	-61,21	58,98	0,97	<i>0,034</i>	14,39	7,20	3,23	2,23	1,88	1,37	76,18
CC	7,71	29,76	39,56	0,62	0,36	8,11	4,05	8,86	0,46	1,18	1,09	34,25
HC	116,82	-57,96	60,68	0,96	0,693	13,09	6,55	3,37	1,94	2,37	1,54	82,66
LP	4,60	8,45	13,09	0,77	0,642	3,23	1,62	2,35	0,69	0,47	0,69	66,31
CP	14,06	39,68	53,91	0,71	0,607	5,47	2,74	4,66	0,59	1,73	1,32	68,56
HP	2,51	2,00	4,91	0,78	0,49	2,44	1,22	1,67	0,73	0,24	0,49	64,99
SS (°Brix)	16,81	2048,29	2100,91	0,17	0,384	26,22	13,11	135,35	0,10	4,09	2,02	15,64
AT (%)	0,00	0,00	0,00	0,72	0,695	0,52	8,12	13,46	0,60	0,00	0,00	0,03
Car ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	10472,57	1441,85	13280,36	0,84	0,658	26,71	13,35	14,82	0,90	762,12	27,61	383,09
βcar ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	10053,90	889,20	12874,06	0,82	0,894	35,02	17,51	21,00	0,83	814,80	28,54	286,77
γcar ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,29	0,06	0,35	0,89	0,730	26,53	13,26	11,73	1,13	0,01	0,12	2,02
Lic ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,85	-0,24	0,72	0,88	0,828	82,90	41,45	39,04	1,06	0,05	0,22	1,13
Crip ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,00	0,00	0,00	0,66	0,835	13,28	6,64	13,05	0,51	0,00	0,01	0,18
Xan ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	0,15	-0,05	0,11	0,91	<i>0,019</i>	60,11	30,05	23,21	1,30	0,01	0,08	0,64

Variáveis: M = massa; C = comprimento; DMA = diâmetro maior; DMN = diâmetro menor; MEC = espessura da casca; MEP = espessura da polpa; DC = diâmetro da cavidade; LC = luminosidade da casca; CC = cor da casca; HC = ângulo Hue da casca; LP = luminosidade da polpa; CP = cor da polpa; HP = ângulo Hue da polpa; SS = teor de sólidos solúveis; AT = acidez titulável; Car = teor de carotenoides; βcar = teor de β -caroteno; γcar = teor de γ -caroteno; Lic = teor de licopeno; Crip = teor de criptoxantina e Xan = teor de xantofila.

Parâmetros genéticos: Vg = variância genética aditiva; Ve = variância residual (ambiental + não aditiva); Vf = variância fenotípica individual; Acprog = acurácia da seleção de progênies; h = herdabilidade no sentido restrito; CVgi% = coeficiente de variação genotípica aditiva individual; CVgp% = coeficiente de variação genotípica entre progênies; CVe% = coeficiente de variação ambiental; CVr = coeficiente de variação relativa; PEV = variância do erro de predição dos valores genotípicos da progênie; SEP = desvio-padrão do valor genotípico predito de progênie.

Em negrito e em itálico, estão, respectivamente, os maiores e os menores valores de herdabilidade.

A herdabilidade, sendo determinada pela razão entre V_g e V_f , é importante por fornecer informação sobre a transmissão de um caráter para as sucessivas gerações da espécie melhorada. Para herdabilidade no sentido restrito (h) dos caracteres avaliados no primeiro ciclo de produção da abóbora, a massa do fruto (M) apresentou uma estimativa média de 0,147 (Tabela 3). Entre as características físicas avaliadas, a luminosidade da casca (LC) foi a variável com menor valor de herdabilidade (h), correspondendo a 0,034, quando comparada com comprimento (C), diâmetro maior (DMA) e cavidade do fruto (MEC), cujas médias foram de 0,976, 0,901, 0,951, respectivamente. Para as análises químicas, o menor valor de h foi observado para a variável Xan , com 0,019, enquanto a maior estimativa foi para β -caroteno (βcar): 0,895. Essas maiores estimativas também apresentaram altos valores para outras variáveis, como $Crip$ (0,835) e Lic (0,828).

Analisando-se a acurácia de seleção (Ac_{prog}), conforme Tabela 3, foram observados tanto valores considerados muito altos (0,99, para C) como valores baixos (0,17, para SS). Por meio desse parâmetro, é possível identificar o nível de confiança estatística nas análises experimentais.

Para os caracteres C , DMA , MEC , MEP , LC , HC , γcar , Lic e Xan , o coeficiente de variação genotípica ($CV_{gp}\%$) foi superior ao coeficiente de variação ambiental ($CV_e\%$), com valores entre 6,55% a 41,45% (Tabela 3). Para todos os caracteres analisados, o coeficiente de variação relativo (CV_r), que é a relação entre os coeficientes de variação genética e ambiental, foi o menor entre os CV s determinados.

Levando-se em consideração os resultados obtidos para as estimativas de parâmetros genéticos nos genótipos avaliados e utilizando intensidade de seleção de 10%, foi realizada a seleção dos 19 melhores frutos (Tabelas 4 e 5 e Figura 3). Essa seleção considerou o conjunto de caracteres avaliados e associados à qualidade comercial do fruto, como M , SS e AT , bem como aqueles associados a propriedades funcionais, como Car e βcar . Destacam-se os elevados valores de MEP , HP , SS , Car e βcar , que são bastante superiores aos de genótipos comercializados e mesmo mantidos em bancos de germoplasma, conforme resultados observados por Barboza et al. (2023), Bergantin et al. (2018), Boiteux et al. (2007) e Stupar et al. (2021).

Tabela 4 - Valores genéticos (BLUPs) das características físicas dos frutos dos genótipos selecionados no primeiro ciclo de produção.

Genótipo selecionado	M (kg)	C (cm)	DMA (cm)	DMN (cm)	MEC (mm)	MEP (mm)	DC (cm)	LC	CC	HC	LP	CP	HP
T12P2B1	5,18	76,29	16,88	8,78	3,33	74,97	12,80	65,62	33,10	59,72	64,54	68,37	63,23
T11P3B1	6,07	159,05	2,84	9,35	5,71	67,85	12,84	23,33	34,38	60,41	65,12	68,35	63,64
T12P4B3	4,88	40,75	6,40	8,58	1,72	70,68	11,73	58,47	34,72	78,04	63,60	68,11	62,01
T10P1B1	5,45	61,17	8,83	9,58	5,51	28,88	12,66	35,66	35,17	53,58	66,80	66,98	63,78
T7P5B2	5,10	4,72	15,53		5,00	10,53	11,20	90,92	32,84	93,90	66,27	70,46	65,07
T2P3B2	5,43	129,48	2,04	11,51	4,61	43,65	11,04	50,24	33,96	63,40	66,78	65,53	65,40
T12P5B2	5,05	1,23	18,91	8,72	3,79	25,58	12,40	68,58	33,57	65,11	65,28	67,53	63,37
T6P3B3	5,15	18,01	14,30	9,17	5,94	23,78	11,89	68,75	32,10	60,10	64,91	69,94	64,31
T12P1B3	4,89	37,68	9,01	8,58	2,42	100,00	11,63	71,97	33,88	73,82	65,60	68,30	63,48
T12P4B1	5,17	30,30	17,54	8,94	4,18	42,07	12,75	45,73	34,78	65,95	64,38	67,46	62,38
T3P3B3	6,96	7,33	19,09		4,29	28,59	11,81	56,43	35,32	71,33	66,76	68,48	64,76
T4P2B3	6,10	2,57	18,81		4,24	16,20	11,36	101,87	33,83	117,59	66,24	68,19	64,23
T7P1B2	5,09	-2,43	15,20		2,97	6,48	11,37	79,65	32,46	80,31	65,80	69,75	64,44
T8P5B3	4,98	4,61	16,70		4,17	12,81	12,84	80,28	34,66	82,22	66,16	69,29	64,53

Continua...

Continuação...

Genótipo selecionado	M (kg)	C (cm)	DMA (cm)	DMN (cm)	MEC (mm)	MEP (mm)	DC (cm)	LC	CC	HC	LP	CP	HP
T5P5B3	8,10	15,51	17,14	8,51	4,02	17,94	12,4	79,78	36,08	90,17	65,11	68,41	63,68
T6P4B3	5,16	5,74	19,53		2,91	32,67	11,9	83,41	33,52	92,03	65,17	69,71	64,11
T7P4B2	5,09	-5,50	11,61		3,95	18,12	11,0	87,45	33,26	92,57	66,28	70,14	64,56
T8P2B1	5,20	6,70	21,81		5,95	25,19	12,5	77,54	35,44	105,63	67,93	70,30	66,67
T12P5B3	4,90	-3,20	13,58	8,83	3,28	30,74	11,8	73,47	34,55	78,49	64,50	68,48	63,19
Médias	5,47	31,05	13,99	9,14	4,10	35,62	12,0	68,38	34,09	78,13	65,64	68,62	64,04

Variáveis: M = massa; C = comprimento; DMA = diâmetro maior; DMN = diâmetro menor; MEC = espessura da casca; MEP = espessura da polpa; DC = diâmetro da cavidade; LC = luminosidade da casca; CC = cor da casca; HC = ângulo Hue da casca; LP = luminosidade da polpa; CP = cor da polpa; e HP = ângulo Hue da polpa.

Tabela 5 - Valores genéticos (BLUPs) das características químicas dos frutos dos genótipos selecionados no primeiro ciclo de produção.

Genótipo Selecionado	SS (°Brix)	AT (%)	Car ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	βcar ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	γcar ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Lic ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Crip ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Xan ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
T12P2B1	15,60	0,03	558,65	413,10	1,80	nd	0,19	1,02
T11P3B1	15,56	0,03	683,13	591,99	2,94	1,94	0,19	0,79
T12P4B3	15,55	0,03	720,44	544,13	1,76	2,82	0,19	1,07
T10P1B1	15,53	0,03	542,33	442,28	2,56	2,27	0,18	0,56
T7P5B2	15,56	0,03	574,97	513,80	3,21	2,24	0,20	1,99
T2P3B2	15,53	0,02	490,82	346,34	2,91	1,56	0,17	1,06
T12P5B2	15,62	0,03	518,13	452,58	2,04	3,72	0,19	1,99
T6P3B3	15,49	0,03	488,48	390,45	3,10	1,62	0,18	0,96
T12P1B3	15,53	0,03	469,35	392,33	1,69	0,43	0,17	1,86
T12P4B1	15,61	0,04	565,46	529,64	2,14	3,19	nd	0,98
T3P3B3	15,51	0,03	407,66	368,57	2,11	0,76	0,18	0,49
T4P2B3	15,50	0,03	491,66	413,72	3,14	1,09	0,23	0,72
T7P1B2	15,56	0,02	453,71	383,57	2,14	2,24	0,17	1,20
T8P5B3	15,48	0,02	438,98	395,82	2,56	1,71	0,21	1,05
T5P5B3	20,23	0,03	586,61	456,66	2,09	1,03	0,20	0,77
T6P4B3	15,50	0,02	474,71	369,74	2,71	1,36	0,20	0,67
T7P4B2	15,56	0,02	421,77	291,68	2,21	2,15	0,19	1,57
T8P2B1	15,53	0,03	527,48	428,83	2,42	1,35	0,19	0,40
T12P5B3	15,52	0,03	547,39	407,67	2,04	1,04	0,18	1,47
Médias	15,79	0,03	524,30	428,05	2,40	1,81	0,19	1,08

SS = teor de sólidos solúveis; AT = acidez titulável; Car = teor de carotenoides; βcar = teor de β -caroteno; γcar = teor de γ -caroteno; Lic = teor de licopeno; Crip = teor de criptoxantina e Xan = teor de xantofila
nd = não detectado.

Figura 3 - Aspecto visual dos 19 melhores frutos de abóbora baseados no ranqueamento realizado utilizando-se os softwares Selegen e Excel.

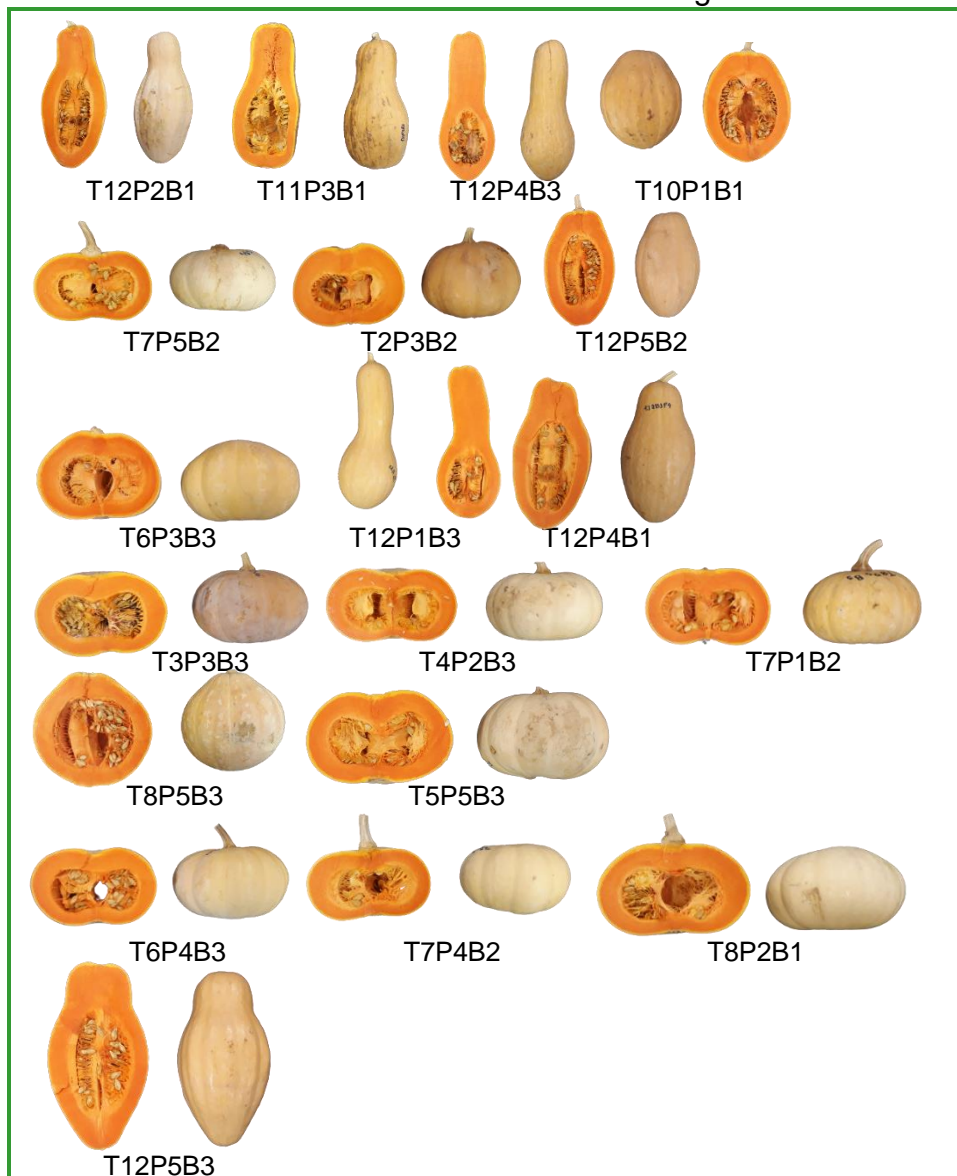


Foto: Wilyanne Monique Danôa Bonfim.

Além dos elevados valores de importantes características de qualidade observados nos genótipos selecionados, observou-se uma predição de ganhos genéticos favorável a incrementos em próximas etapas de seleção para as variáveis C, DMN, MEP, CP, SS, AT, Car, β car, γ car, Lic, Crip e Xan (Tabela 6). Entre as variáveis, C, Car, β car, Lic e Xan apresentaram as maiores porcentagens de ganho genético, desde 36,67% a 90,84%.

Tabela 6 - Predição dos ganhos genéticos (GG) do primeiro ciclo de produção de genótipos de abóbora.

Característica	GG (%)
Massa - M (kg)	-7,8735
Comprimento - C (cm)	90,84635
Diâmetro maior - DMA (cm)	-33,7191
Diâmetro menor - DMN (cm)	1,512999
Espessura da casca - MEC (mm)	-7,82802
Espessura da polpa - MEP (mm)	29,78796
Diâmetro da cavidade - DC (cm)	-1,49919
Luminosidade da casca - LC	-10,2297
Croma da casca - CC	-0,49203
Ângulo Hue da casca - HC	-5,45927
Luminosidade da polpa - LP	-1,01002
Croma da polpa - CP	0,108729
Ângulo Hue da polpa - HP	-1,4591
Teor de sólidos solúveis - SS (°Brix)	1,027316
Acidez titulável - AT (% ácido cítrico)	3,367349
Teor de carotenoides - Car ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	36,67167
Teor de β -caroteno - βcar ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	49,34908
Teor de γ -caroteno - γcar ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	18,4968
Teor de licopeno - Lic ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	58,58262
Teor de criptoxantina - Crip ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	1,720028
Teor de xantofila - Xan ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	68,96616

No segundo ciclo de produção, de acordo com as variáveis analisadas e aplicando-se o método do Mulamba e Mock, foi realizado o ranqueamento dos 19 melhores indivíduos. Considerando a intensidade de seleção de 10%, foi obtido um novo ranqueamento a partir das variáveis M, C, DMA, DMN, MEC, MEP, DC, LC, CC, HC, LP, CP, HP, SS, AT, teor de ácido ascórbico (AA) e firmeza da polpa (Firm), para a obtenção de genótipos com melhor qualidade funcional e comercial (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores médios das características físicas e químicas dos frutos dos genótipos selecionados no segundo ciclo de produção de abóbora, obtidos através do método recomendado por Mulamba e Mock.

Genó-tipo	M (kg)	C (cm)	DMA (cm)	DMN (cm)	MEC (mm)	MEP (mm)	DC (cm)	LC	CC	HC	LP	CP	HP	SS (°Brix)	AT (%)	AA (mg 100 mL ⁻¹)	Firm (N)
15	7,5	26,1	25,18	0	3,6	50,0	13,4	72,1	38,2	80,2	66,9	71,8	67,6	13,4	0,02	82,2	99,1
5	4,6	26,3	17	12,6	4,0	36,7	13,4	63,3	35,7	72,2	66,9	67,3	67,1	13,5	0,02	97,2	112,4
62	3,5	22,5	18,3	12,1	4,6	35,8	11,7	71,0	39,2	79,9	65,3	76,1	66,0	11,1	0,01	105,9	92,5
83	2,8	25,2	17,6	10,6	4,6	44,8	11,3	57,9	28,5	65,4	66,4	68,1	64,8	12,5	0,02	105,9	72,7
116	2,7	23	16,6	10,1	8,1	40,5	10,8	69,8	38,7	75,5	65,9	70,7	64,1	11,5	0,01	130,7	85,9
131	2,6	18,8	17,5	10	4,6	32,3	10,2	61,0	27,8	62,7	68,0	71,7	66,8	11,6	0,01	141,2	52,9
173	6	13	26,5	0	4,0	37,5	11,1	83,2	30,2	88,9	70,4	65,5	68,2	8,8	0,02	78,8	59,5
53	4	26,7	18,5	12,9	3,3	45,8	12,0	71,4	25,9	70,3	65,3	71,3	66,1	9,5	0,01	96,1	46,2
141	2,9	26	16,9	10,1	4,6	40,1	12,0	69,4	32,2	71,8	66,9	71,3	65,9	10,5	0,01	121,2	59,5
115	3,4	21,8	18,5	12,5	4,6	44,4	10,8	70,1	33,2	74,1	68,9	71,3	67,6	11,3	0,02	117,7	46,2
124	2,9	23,4	17	11,9	3,8	31,0	13,3	70,3	23,2	67,3	61,9	70,0	61,4	12,5	0,02	98,4	105,7
107	2	23	15	8,6	3,8	39,8	10,4	74,2	30,1	75,6	65,0	70,7	63,6	13,0	0,03	98,8	99,1
4	2,4	19,5	18,4	0	4,1	41,4	10,9	70,8	40,8	76,4	67,6	72,1	66,5	8,5	0,01	75,3	119,0
165	3,7	22,8	18,4	12	3,1	32,7	13,0	78,0	27,7	78,5	64,9	73,8	65,4	12,2	0,02	96,4	85,9
42	3,2	23,5	16,3	12	4,6	36,6	12,3	65,4	32,6	71,8	65,4	73,0	66,3	14,3	0,02	103,7	72,7
144	3,1	25,3	17,4	11	5,8	40,4	11,5	65,4	36,0	72,6	64,6	71,1	64,1	12,3	0,02	106,7	66,1
109	4,3	22,5	21,3	0	4,0	43,5	11,8	67,5	36,1	72,5	69,3	69,4	68,7	9,9	0,01	97,6	59,5
76	2,9	23,5	17	10,2	4,5	28,5	13,5	68,5	35,5	76,1	63,9	69,0	63,3	15,6	0,02	89,0	112,3
103	2,8	18,2	19,6	0	3,5	27,3	12,0	71,5	35,4	76,7	64,0	71,5	64,3	13,0	0,02	109,9	99,2
Médias	3,6	22,9	18,5	8,7	4,4	39,0	11,8	69,4	32,9	74,0	66,3	70,8	62,4	11,8	0,02	102,4	80,4

M = massa; C = comprimento; DMA = diâmetro maior; DMN = diâmetro menor; MEC = espessura da casca; MEP = espessura da polpa; DC = diâmetro da cavidade; LC = luminosidade da casca; CC = cor da casca; HC = ângulo Hue da casca; LP = luminosidade da polpa; CP = cor da polpa; HP = ângulo Hue da polpa; SS = teor de sólidos solúveis; AT = acidez titulável; AA = teor de ácido ascórbico; e Firm = firmeza da polpa.

Com base no conjunto das variáveis analisadas, o genótipo 15 foi o melhor indivíduo (Tabela 7 e Figura 4). Destaca-se a maior espessura média da polpa dos frutos desse genótipo. Por sua vez, os indivíduos 4 e 131 apresentaram os maiores valores médios de firmeza da polpa (119,0 N) e de teor de ácido ascórbico (141,2 mg 100 g⁻¹). A coloração da polpa laranja mais intensa foi observado no genótipo 124, correspondendo ao menor valor de H (61,4).

Figura 4 - Aspecto visual dos 19 melhores frutos de abóbora baseado no ranqueamento por meio do método de Mulamba e Mock.

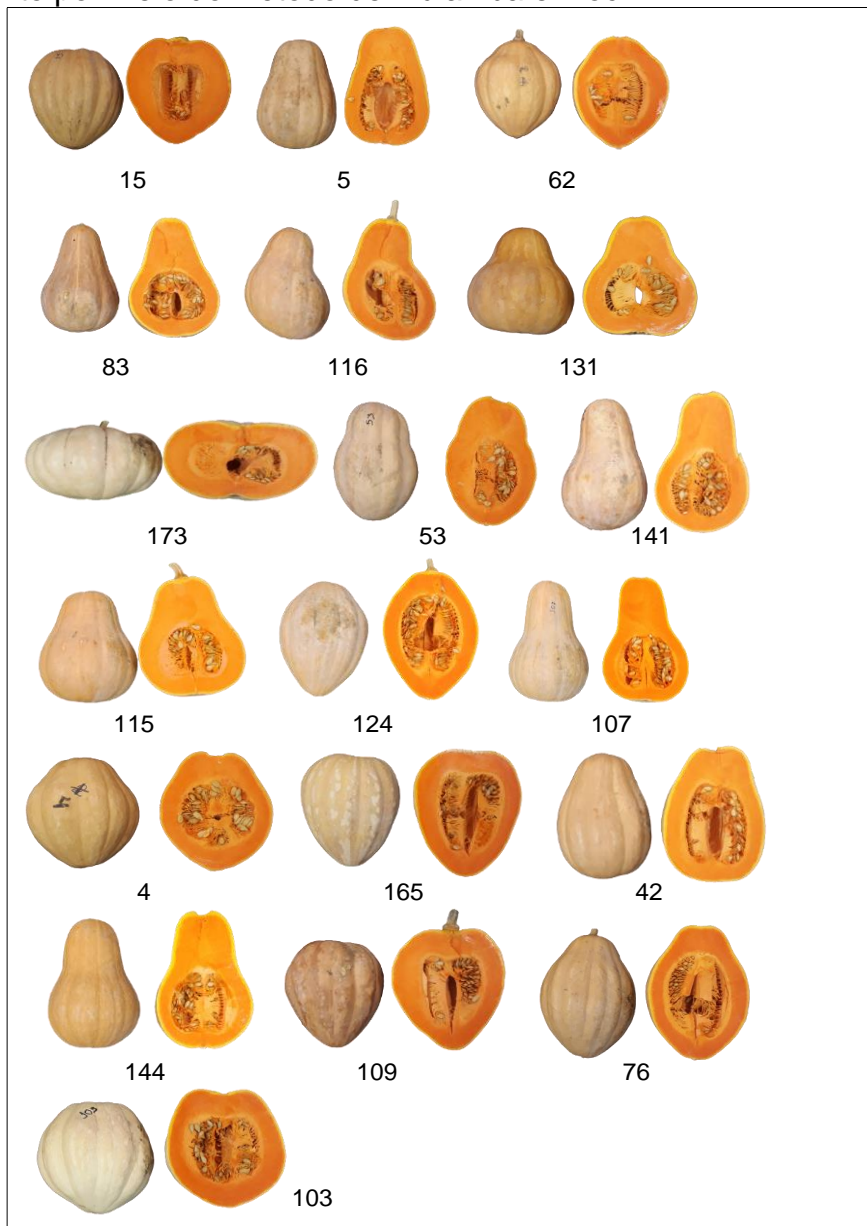


Foto: Wilyanne Monique Danôa Bonfim

4 DISCUSSÃO

Uma espécie que apresenta superioridade nos diversos atributos de interesse, mantendo um ganho na produtividade, valor nutricional, que seja acessível para os consumidores e produtores é de grande importância nos programas de melhoramento (Dwivedi et al., 2019). A abóbora atende a várias dessas características, podendo agregar ao desempenho atual outros diferenciais agronômicos e de qualidade dos frutos a partir de ações de melhoramento genético consistentes e duradouras. Essas ações aumentariam sua contribuição para a melhoria da alimentação.

Nos programas de melhoramento vegetal, o uso de índices de seleção é uma estratégia bastante comum, com propósito de amenizar as correlações negativas entre caracteres (Costa et al., 2023; Cruz; Regazzi, 2002). Além do índice de seleção, o uso de parâmetros genéticos, como h , V_f e V_g , são importantes porque fornecem informações sobre o grau em que um caráter pode ser transmitido em sucessivas gerações da espécie (Bello et al., 2012).

No presente estudo, a inexistência de valores negativos para a V_g , conforme Tabela 3, denota possibilidade de sucesso na seleção de indivíduos superiores para os caracteres estudados (Hallauer et al., 2010). Mas, ainda são necessários novos ciclos de produção para a obtenção de linhagens uniformes para os caracteres, com menores valores de variância genética. Por outro lado, para as variáveis em que o valor da V_f foi alta, o controle do ambiente deve determinar o potencial de expressão da característica.

De acordo com Borges (2019a), h reflete a proporção da V_f que é herdada, determinando o quão confiável os valores genéticos afetam os valores fenotípicos. A herdabilidade no sentido restrito, que é a de maior interesse para o melhorista, considera apenas a variância genética aditiva fixada pela seleção (Dudley; Moll, 1969).

Analisando a herdabilidade em sentido restrito (h) para os genótipos de abóbora, variáveis como LC (0,034) e Xan (0,019) resultaram em valores menores que 0,1, indicando maior influência do meio ambiente (Tabela 3). Para as variáveis DC, CC e SS, foi observada V_g de 30%. Nesses casos, esses percentuais representam a influência genética, enquanto em outras variáveis, tal qual C, DMA, DMN, MEC, MEP, HC, LP, CP, HP, AT, Car, β_{car} , γ_{car} , Lic e Crip, a influência

genótipica foi superior a ambiental (Tabela 3). Segundo classificação de Resende (1995), quando o valor superior a 0,5 é considerado alto, sendo assim, infere-se que é possível realizar novas seleções com bons ganhos genéticos. Estudando a variabilidade genética em acessos de *C. maxima*, Barboza et al. (2023) destacaram o potencial para avanços no melhoramento genético, incluindo para programas voltados para biofortificação.

A qualidade de uma avaliação genotípica é conferida usando o parâmetro de acurácia (Acprog). Para se obter valores considerados precisos, os resultados de acurácia devem ser superiores a 0,5 (Cortes et al., 2019). Neste estudo, com exceção das variáveis massa do fruto (M) e teor de sólidos solúveis (SS), as demais tiveram valores de Acprog superiores a 0,5, indicando que a interferência das condições ambientais nessas características é secundária (Tabela 3).

Os valores dos coeficientes de variação fenotípica e coeficiente de variação genotípica indicaram que a influência do ambiente foi relativamente maior para os atributos M, DMN, DC, CC, LP, AT, Car, β_{car} e Crip (Tabela 3). Nesse caso, conclui-se que as características têm uma ampla variação e ganhos genéticos podem ser alcançados por meio de um número maior de ciclos de seleção (Aruah et al., 2010; Ramjan, 2021).

Naquelas variáveis em que os coeficientes genéticos foram superiores, como ocorreu para C, DMA, MEC, MEP, LC, HC, γ_{car} , Lic e Xan, a influência predominante dos fatores genéticos indica maior possibilidade para fixação da característica através de seleção (Georgieva et al., 2016). Em se tratando de coeficiente de variação residual (CV_r), o resultado igual a 1 indica que a variância genética dentro das progênes é nula. Por sua vez, os valores de coeficiente superiores a 1, observados nas variáveis C, DMA, MEC, MEP, LC, HC, γ_{car} , Lic e Xan, conforme Tabelas 3, indicam condição favorável para a realização de seleção (Vencovsky, 1987).

Com as informações obtidas na seleção dos 19 melhores indivíduos, foi possível observar ganhos genéticos preditos negativos em alguns atributos, sendo eles M, DMA, MEC, DC, LC, CC, HC, LP e HP (Tabela 6). Em alguns casos, os ganhos negativos são considerados desejáveis. Por exemplo, há a necessidade de frutos de abóboras com tamanhos e massa menores, atendendo a demanda do consumidor por esse padrão. Essa condição foi observada no estudo realizado por Amaro et al. (2022), em que as abóboras tiveram massa entre 2 a 4 kg, sendo considerado o mais próximo

do padrões dos frutos do tipo denominado Maranhão (4 a 8 kg). Entre os frutos dos genótipos selecionados do segundo ciclo de produção (população x_1), mesmo o genótipo 15, caracterizado pela maior massa média do fruto, correspondendo a 7,5 kg, enquadra-se no padrão do tipo Maranhão (Tabela 7). Porém, onze dos genótipos selecionados possuem massa de 2 a 3 kg, correspondendo ao padrão da abóbora tipo Jacararezinho, que se adequa ao interesse atual do consumidor.

Em estudo realizado com populações de *C. maxima*, Balkaya et al. (2010) relataram massa média de 7,4 kg, com valores variando entre 3,2 e 11,8 kg. Marreiro et al. (2005) relataram maior variação em frutos dessa mesma espécie, sendo de 3,5 a 16,6 kg.

Em se tratando de MEC, de acordo com Barbosa (2009), frutos que apresentam espessura de casca mais fina são mais suscetíveis à perda de massa durante o armazenamento, tanto pela vulnerabilidade a danos como à perda de água. Quando a casca apresenta espessura mediana, variando de 8,4 a 9,3 mm, pode ser mais favorável para o armazenamento por períodos mais longos, além de não prejudicar o rendimento da polpa (Amaro et al., 2014; Priori et al., 2018). No segundo ciclo de produção, os valores de MEC variaram de 3,1 e 8,1 mm (Tabela 7), sugerindo a necessidade da obtenção de novas populações para atender a esses padrões.

No caso de DC, quanto menor a cavidade maior é a presença de polpa. Se a seleção for feita com base em frutos com maior quantidade de sementes, então uma cavidade maior seria de mais interesse. Entretanto, o propósito da seleção no presente estudo é a obtenção de frutos de cavidade menor, o que vai ao encontro ao interesse do consumidor (Barbosa, 2009). Nos genótipos avaliados neste estudo, os valores de DC 10,4 a 13,5 cm, assemelhando-se aos resultados observados por Borges et al. (2019b), avaliando progênies de acessos de abóbora do Banco Ativo de Cucurbitáceas da Embrapa Semiárido.

A variação ambiental foi responsável pela maior parte da variação fenotípica presentes na cor do fruto (Tabela 6). De acordo com Costa et al. (2023), a determinante influência ambiental sobre esses atributos se dá principalmente por serem variáveis quantitativas. Mas, para os atributos de cor HC e HP, ganhos genéticos negativos representam menores valores da variável H, seja para casca ou para polpa, em etapas seguintes de seleção, sinalizando a geração de frutos com coloração laranja mais escura. Esta cor é representada por valores de H próximos de

30°. De acordo com Sasaki et al. (2014), a coloração laranja é um importante componente da qualidade do fruto, principalmente na polpa, e o H é a variável que melhor define essa característica, de forma que quanto menor o valor mais laranja será o fruto.

A cor alaranjada do fruto de abóbora é bem vista por consumidores, sendo associado à presença de carotenóides. Os percentuais de ganhos genéticos preditos, para carotenoides, β -caroteno, licopeno e xantofila foram de 36, 49, 58 e 68%, respectivamente. Para carotenoides e β -caroteno, que são os dois principais objetivos do programa de melhoramento de abóbora do presente estudo, as respostas representam perspectivas para avanços nas próximas etapas a partir dos genótipos selecionados.

Para outros atributos que apresentaram ganhos genéticos positivos, como C e MEP, frutos de tamanho mediano e com maior comprimento podem ter maior proporção de polpa. De acordo com Blank et al. (2013), a espessura de polpa é uma característica importante nos programas de melhoramento de abóbora. Frutos com maior espessura de polpa apresentam maior rendimento, o que é um fator importante na comercialização. No caso de DMN, abóboras que têm como destino o mercado in natura devem ter formato condizente com a preferência do consumidor. Frutos achatados, que correspondem a menor DMN, e sem pescoço são preferidos.

De acordo Chitarra e Chitarra (2005), existe uma relação entre comprimento e diâmetro do fruto, de forma que valores inferiores a 1 definem formas globulares, elipsóides e esféricas, enquanto os valores superiores definem frutos com formatos alongados. Conforme os dados da Tabela 7, as medidas de comprimento (C) dos frutos dos genótipos selecionados variaram de 13 a 26,7 cm, enquanto as do diâmetro maior (DMA), de 15 a 25,18 cm, e o diâmetro menor (DMN), de 0 a 12,6 cm.

A espessura da polpa (MEP) dos frutos produzidos no 2º ciclo variou de 28,5 a 50 mm, representando, respectivamente, os genótipos 76 e 15 (Tabela 7). Em estudos com abóbora, Borges et al. (2019b) observaram, entre os genótipos selecionados, valores variando de 21,30 a 35,10 mm, considerando uma faixa desejável, pelo alto rendimento da polpa.

Frutos com menor acidez titulável são geralmente preferidos pelos consumidores. Os valores de ganho genético predito para a AT variaram entre 0,012 a 0,025 (Tabela 6). Esses valores são baixos se comparados ao de 0,10%

apresentado por Braz Junior et al. (2013) e de 0,7% por Paula et al. (2009). A abóbora não é considerada uma hortaliça ácida. Então, os resultados observados neste estudo são considerados aceitáveis e coerentes para a espécie.

No que se refere ao teor de SS, valores elevados são mais interessantes se o destino for a indústria (Amaro et al., 2018). Para o mercado in natura, abóboras com teor de SS de 11 a 13° Brix são consideradas de alta qualidade (Loy, 2004). Os resultados observados variaram de 8,5 a 15,6 °Brix (Tabela 7). Em outros estudos, foi possível observar frutos com 18,4 °Brix (Amaro et al., 2017), 3,2 a 4,5 °Brix (Paula et al., 2009) e, para moranga, de 3,4 a 4,7 °Brix (Martínez-Valdivieso et al., 2015).

Os genótipos selecionados da população x_1 apresentaram frutos com teores médios de ácido ascórbico de 75,3 a 141,2 mg 100 mL⁻¹ (Tabela 7). De acordo com Daiuto et al. (2012), o ácido ascórbico (vitamina C) possui propriedades antioxidantes. Essa vitamina é uma das mais sensíveis a perdas em alimentos, em presença de altas temperaturas e oxidação. Com isso, a necessidade de manutenção é um desafio pois, logo após a colheita, o ácido ascórbico é facilmente degradado. Nos estudos de De Assis Lima et al. (2020), os valores para essa variável variaram de 114,32 mg 100 g⁻¹ a 126,30 mg 100 g⁻¹, nos dois ciclos de produção, sendo que, de acordo com a legislação brasileira, o valor diário recomendado para ingestão de vitamina C para adultos é de 45 mg (Brasil, 2005).

A firmeza da polpa dos genótipos selecionados no segundo ciclo variou de 52,9 a 112,4 N (Tabela 7). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Monalisa et al. (2019), que relataram valores de 73,14 N. Segundo os autores, a firmeza pode ser a característica mais relevante para alimentos sólidos, desempenhando um papel fundamental na aceitação do consumidor e no valor do mercado. Há relatos de valores de firmeza de polpa maiores, como mencionado por Theanjumpol e Maniwara (2022). No trabalho conduzido por esses autores, os frutos avaliados tiveram firmeza de polpa de até 165,8 N.

Finalmente, os resultados obtidos destacam o alto potencial dos genótipos selecionados para o desenvolvimento de cultivares com características de qualidade diferenciais. Vislumbra-se oportunidades de desenvolvimento de cultivares que atenderão a diferentes mercados.

5 CONCLUSÕES

Com base nos parâmetros genéticos e ganhos preditos é possível selecionar indivíduos promissores com base nas características de desejo. Através do ganho predito foi possível observar ganhos favoráveis para futuras etapas de seleção, se destacando comprimento, carotenoides, β -caroteno, licopeno e xantofila.

No primeiro ciclo de produção pôde se destacar o fruto T12P2B1, que mesmo o formato não sendo considerado um atributo de desejo pelo consumidor, ainda se destacou nas demais variáveis analisadas, como diâmetro e ângulo hue da polpa, teores de sólidos solúveis, carotenoides e β -caroteno.

Em se tratando do segundo ciclo de produção, foi se observado que o indivíduo 15 se destacou com a maior massa do fruto, diâmetro maior, maior espessura de polpa e luminosidade da casca.

Ainda se é necessário a realização de novos ciclos de produção em que a influência ambiental seja menor comparado a genética.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alta herdabilidade no sentido restrito (h) para diferentes variáveis físicas e químicas dos frutos indicou o potencial de avanço em novas etapas de seleção para o desenvolvimento de cultivares de abóbora com qualidade superior, incluindo tamanho desejado pelo consumidor e altos teores de carotenóides, β -caroteno e ácido ascórbico.

A necessidade de novas etapas de seleção tem justificativa nas variáveis com alta variação fenotípica, afetando atributo de qualidade nutricional dos frutos, como o teor de β -caroteno.

A seleção de genótipos realizada distinguiu frutos apresentando média da espessura da polpa superior a 35 mm, ângulo de cor da polpa maior que 64 e teores de sólidos solúveis, carotenoides totais e β -caroteno acima de, respectivamente, 16°Brix, 500 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 400 $\mu\text{g g}^{-1}$, que ratificam a alta probabilidade de incremento em ciclos de seleção seguintes, uma vez que estas variáveis caracterizaram-se por valores de predição de ganho genético.

7 REFERÊNCIAS

AOAC. Association of official agricultural chemists. **Official methods of analysis of the Association of the Agricultural Chemists**. 18 ed. rev. 3. Gaithersburg: AOAC, 2010, 957.

AMARO, G. B., CARMONA, P. A. O., CARVALHO, A. D. F., LOPES, J. F., COIMBRA, K. G. Desempenho de híbridos de abóboras e morangas avaliados no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 1916-1923, 2014.

AMARO, G. B., DA SILVA, G. O., MALDONADE, I. R., MADEIRA, N. R., FAUSTINO, R. M. E. B. Desempenho de genótipos de abóboras e morangas para produtividade e qualidade de frutos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 2, 27075, 2022.

AMARO, G. B., RESENDE, F., DE CARVALHO, A. D. F., BOTREL, N., LOPES, J. Desempenho de híbridos de abóbora japonesa no sistema orgânico. **Embrapa Hortaliças**, p. 22, 2018.

AMARO, G. B., SILVA, G. O., BOITEUX, L. S., CARVALHO, A. D., LOPES, J. F. Desempenho agrônômico de híbridos experimentais de abóbora Tetsukabuto para características dos frutos. **Horticultura brasileira**, v. 35, n. 2, p. 180-185, 2017.

ARUAH, C. B., UGURU, M. I., OYIGA, B. C. Variations among some Nigerian Cucurbita landraces. **African J. Plant Sci.**, v. 4, p. 374-386, 2010.

BALKAYA, A., ÖZBAKIR, M., KURTAR, E. S. The phenotypic diversity and fruit characterization of winter squash (*Cucurbita maxima*) populations from the Black Sea Region of turkey. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 2, p. 152-162, 2010.

BARBOSA, G. S. Desempenho agrônômico, caracterização morfológica e polínica de linhagens de abóbora (*C. moschata*) com potencial para o lançamento de cultivares. **Dissertação Mestrado**. Campo dos Goitacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, p. 110, 2009.

BARBOZA, M., LIMA, F. L. D. S., RIBEIRO, R. M. P., PEREIRA, C. C. A., SANTOS, M. G. D., SILVEIRA, F. P. D. M., NASCIMENTO, A. K. Q. D., PASSOS, A. B. R. D. J., CHAGAS, P. S. F. D., RIBEIRO, J. E. D. S., LIMA, J. V. L., JÚNIOR, J. T. S., NUNES, G. H. S., DA SILVEIRA, L. M., JÚNIOR, A. P. B. Determination of Total Carotenoids and β -Carotene in Germplasm of Pumpkin Caboclo (*Cucurbita maxima*). **Agronomy**, v. 13, n. 4, p. 1109, 2023.

BELLO, O. B., IGE, S. A., AZEEZ, M. A., AFOLABI, M. S., ABDULMALIQ, S. Y., MAHAMOOD, J. Heritability and genetic advance for grain yield and its component characters in maize (*Zea mays* L.). **International Journal of Plant Research**, v. 2, n. 5, p. 138-145, 2012.

BERGANTIN, C., MAIETTI, A., TEDESCHI, P., FONT, G., MANYES, L., MARCHETTI, N. HPLC-UV/Vis-APCI-MS/MS determination of major carotenoids and their bioaccessibility from “Delica” (*Cucurbita maxima*) and “Violina” (*Cucurbita moschata*) pumpkins as food traceability markers. **Molecules**, v. 23, n. 11, p. 2791, 2018.

BLANK, A. F., SILVA, T. B., MATOS, M. L., CARVALHO FILHO, J. L. S., SILVA-MANN, R. Parâmetros genotípicos, fenotípicos e ambientais para caracteres

morfológicos e agronômicos em abóbora. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 106-111, 2013.

BOITEUX, L. S., NASCIMENTO, W. M., FONSECA, M. E. D. N., LANA, M. M., REIS, A., MENDONÇA, J. L., LOPES, J. F., REIFSCHNEIDER, F. J. B. 'Brasileirinha': cultivar de abóbora (*Cucurbita moschata*) de frutos bicolors com valor ornamental e aptidão para consumo verde. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 103-106, 2007..

BORÉM, A., MIRANDA, G. V. **Melhoramento De Plantas**, 5th ed. UFV, Vicosá, p. 525, 2005.

BORGES, R. M. E., DE LIMA, M. A. C., DA SILVA LIMA NETO, I., DE MELO, N. F. Prediction of genetic and selection parameters in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) progenies for morphoagronomic characteristics and pulp quality. **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 2, p. 199-207, 2019.

BORGES, R. M. E., DE LIMA, M. A. C., DE MELO, N. F. Correlations between fruit yield and sensory and nutritional quality of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 13, n. 10, 2019.

BORGES, R. M. E., DE LIMA, M. A. C., DE FREIRE, A. J. Seleção em progênies de abóbora baseada em caracteres associados à qualidade da polpa. **Revista RG News - Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos**, v. 3, 2017.

BRASIL. Resolução RDC n.º 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o "Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Proteína, Vitaminas e Minerais". **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2005.

BRAZ JUNIOR, N., GONÇALVES, G. A. S., SIMÕES, E. R. Avaliação físico-química e sensorial de abóbora e moranga cristalizadas pelo processo de açucaramento lento. **IV Simpósio de Pesquisa e Inovação/III Seminário de Iniciação Científica**, v. 1, 2013.

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

Chitarra, M. I. F., Chitarra, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: Editora UFLA, v. 1, p. 785, 2005.

CORTES, D. F. M., SANTA-CATARINA, R., VETTORAZZI, J. C. F., RAMOS, H. C. C. R., VIANA, A. P., PEREIRA, M. G. Development of superior lines of papaya from the Formosa group using the pedigree method and REML/Blup procedure. **Bragantia**, v. 78, p. 350-360, 2019. COSTA, C. D. S. R., DE LIMA, M. A. C., NETO, F. P. L., DA SILVA COSTA, A. E., VILVERT, J. C., MARTINS, L. S. S., DOS SANTOS MUSSER, R. Genetic parameters and selection of mango genotypes using the FAI-BLUP multitrait index. **Scientia Horticulturae**, v. 317, p. 112049, 2023. CRUZ, C. D. Genes: software para análise de dados em estatística experimental e em genética quantitativa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, p. 390, 2002.

DARRUDI, R., NAZERI, V., SOLTANI, F., SHOKRPOUR, M., ERCOLANO, M. R. Evaluation of combining ability in *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita moschata*

Duchesne accessions for fruit and seed quantitative traits. **Journal of applied research on medicinal and aromatic plants**, v. 9, p. 70-77, 2018.

DAIUTO, É. R., VIEITES, R. L., PIGOLI, D. R., DE CARVALHO, L. R. Alterações nutricionais em casca e polpa de abóbora decorrentes de diferentes métodos de cozimento. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 13, n. 2, p. 196-203, 2012. DE ASSIS LIMA, A., FREITAS, A. T. C., SÁ, D. M. A. T., ANDRADE, F. J. E. T., FARIAS, M. D. P., MORAES, G. M. D. Abóbora minimamente processada e revestida com galactomanana extraída da semente de *Caesalpinia pulcherrima*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 12479-12488, 2020.

DUDLEY, J. W.; MOLL, R. H. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. **Crop science**, v. 9, n. 3, p. 257-262, 1969.

DWIVEDI, S., GOLDMAN, I., ORTIZ, R. Pursuing the potential of heirloom cultivars to improve adaptation, nutritional, and culinary features of food crops. **Agronomy**, v. 9, n. 8, p. 441, 2019. EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Estação Agrometeorológica de Bebedouro - Estação Bebedouro**. Disponível em: <https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/83744b6f-698e-488f-8ccb-8d1a9e2f6b8a/page/p_7225pjqoyc>. Acesso: 15 de julho de 2023.

GEORGIEVA, N., NIKOLOVA, I., KOSEV, V. Evaluation of genetic divergence and heritability in pea (*Pisum sativum* L.). **Journal of BioScience & Biotechnology**, v. 5, n. 1, 2016. GRASSINO, A. N., BRŇCÍC, S. R., SABOLOVÍC, M. B., ŠICŽLABUR, J., MAROVÍC, R., BRŇCÍC, M. Carotenoid content and profiles of pumpkin products and by-products. **Molecules**, v. 28, n. 2, p. 858, 2023. <https://doi.org/10.3390/molecules28020858>.

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

HAN, X., MIN, Z., WEI, M., LI, Y., WANG, D., ZHANG, Z., HU, X., KONG, Q. QTL mapping for pumpkin fruit traits using a GBS-based high-density genetic map. **Euphytica**, v. 218, n. 8, p. 106, 2022.

JANANI, N., PATEL, M. D., NIHALUDDIN, S. M. D, SHARMA, S. A review of xerophthalmia due to vitamin-A deficiency with ayurvedic management. **World Journal of Pharmaceutical Research**, v. eight, p. 1685-1691, 2018.

LOY, J.B. Morpho-physiological aspects of productivity and quality in squash and pumpkins (*Cucurbita* spp.). **Critical reviews in plant sciences**, v. 23, n. 4, p. 337-363, 2004. MIGLIOLI, T. C., FONSECA, V. M., GOMES JUNIOR, S. C., DA SILVA, K. S., DE LIRA, P. I. C., BATISTA FILHO, M. Factors associated with the nutritional status of children less than 5 years of age. **Revista de Saúde Pública**, v. 49, p. 49-59, 2015.

MARTÍNEZ-VALDIVIESO, D., GÓMEZ, P., FONT, R., ALONSO-MORAGA, A., DEL RIO-CELESTINO, M. Physical and chemical characterization in fruit from 22 summer squash (*Cucurbita pepo* L.) cultivars. **LWT-Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 1225-1233, 2015. MOKHTAR, M., BOUAMAR, S., DI LORENZO, A., TEMPORINI, C., DAGLIA, M., RIAZI, A. The influence of ripeness on the phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of pumpkins (*Cucurbita moschata* Duchesne). **Molecules**, v. 26, n. 12, p. 3623, 2021. MONALISA, K., BHUIYAN, J., ISLAM, M., SAYEM, A. Boiling-induced changes on physicochemical, bioactive compounds, color, and texture properties of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Food Science and**

Technology International, v. 26, n. 4, p. 333-343, 2020. MULAMBA, N. N., MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the ETO blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits [Mexico]. **Egyptian Journal of genetics and Cytology**, 1978.

PAULA, N. R. F. D., VILAS BOAS, E. V. D. B., RODRIGUES, L. J., CARVALHO, R. A., PICCOLI, R. H. Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras-MG, Brasília-DF e São Paulo-SP. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 219-227, 2009. 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. **Revista Ceres**, v. 65, p. 337-345, 2018.

RAMJAN, M. D. Characterization of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. Ex. Poir.) germplasm through genetic variability, heritability and genetic advance. **Electronic Journal of Plant Breeding**, v. 12, n. 1, p. 91-96, 2021.

RESENDE, M.D.V. DE. **SELEGEN-REML/BLUP: Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada via Modelos Lineares Mistos**. Embrapa Florestas: Colombo, Brazil, 2007.

RESENDE, M. D. V. DE. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 330-339, 2016.

RESENDE, M. D. V. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista árvore**, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: HarvestPlus. 2004. Disponível em: <http://www.harvestplus.org/sites/default/files/tech02.pdf>. Acesso em: 27 de agosto de 2023.

SASAKI, F. F. C., DEL AGUILA, J. S., GALLO, C. R., JACOMINO, A. P., KLUGE, R. A. Physiological, qualitative and microbiological changes of minimally processed squash stored at different temperatures. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 15, n. 2, p. 210-220, 2014. STROHECKER, R., HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Paz Montalvo. **Madrid. 428p**, 1967.

STUPAR, A., SEREGELJ, V., RIBEIRO, B. D., PEZO, L., CVETANOVÍČ, A., MĪSAN, A., MARRUCHO, I. Recovery of β -carotene from pumpkin using switchable natural deep eutectic solvents. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 76, p. 105638, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105638>

THEANJUMPOL, P., MANIWARA, P. Physico-chemical and cooking qualities of fresh and stores pumpkins. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 63, n. 1, p. 101-113, 2022.

VENCOVSKY, R. **Herança quantitativa**. In: Paterniani, E., Viegas, G.P. (Eds.). Melhoramento genético do milho. 2ed. Campinas: Fundação Cargill, p. 135-214, 1987.