



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ALINE BATISTA BELEM GOMES

**VARIETADES DE ABÓBORAS (*Cucurbita moschata*) AGRONOMICAMENTE
SUPERIORES E COM ALTOS TEORES DE CAROTENOIDES VIA SELEÇÃO
PARTICIPATIVA**

AREIA

2023

ALINE BATISTA BELEM GOMES

**VARIETADES DE ABÓBORAS (*Cucurbita moschata*) AGRONOMICAMENTE
SUPERIORES E COM ALTOS TEORES DE CAROTENOIDES VIA SELEÇÃO
PARTICIPATIVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento as exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia, Área de Concentração em Agricultura Tropical.

Orientador: Dr. Ricardo Elesbão
Alves

Coorientadora: Dra.: Semíramis
Rabelo Ramalho Ramos

AREIA

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

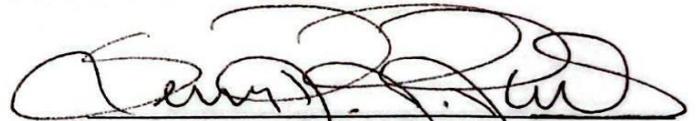
**VARIEDADES DE ABÓBORAS (*Cucurbita moschata*) AGRONOMICAMENTE
SUPERIORES E COM ALTOS TEORES DE CAROTENOIDES VIA SELEÇÃO
PARTICIPATIVA**

ALINE BATISTA BELEM GOMES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em
AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela Comissão Examinadora:



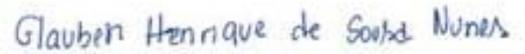
Pesq. Ricardo Elesbão Alves, Dr.
- Orientador -
Embrapa Alimentos e Territórios



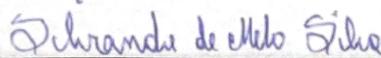
Pesq. Semíramis Rabelo Ramalho Ramos, Dra.
- Coorientadora -
Embrapa Tabuleiros Costeiros



Pesq. Fernando Antonio Souza de Aragão, Dr.
- Examinador -
Embrapa Agroindústria Tropical



Prof. Glauber Henrique de Sousa Nunes, Dr.
- Examinador -
UFERSA



Prof^a. Silvana de Melo Silva, Dra.
- Examinadora -
CCA/UFPB

Data da realização: 30 de dezembro de 2021.

Presidente da Comissão Examinadora
Pesq. Ricardo Elesbão Alves, Dr.
- Orientador -

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

G633v Gomes, Aline Batista Belem.

Variedades de abóboras (Cucurbita moschata)
agronomicamente superiores e com altos teores de
carotenoides via seleção participativa / Aline Batista
Belem Gomes. - Areia:UFPB/CCA, 2023.

91 f. : il.

Orientação: Ricardo Elesbão Alves.

Coorientação: Semíramis Rabelo Ramalho Ramos.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA, Campus II.

1. Agronomia. 2. Divergência genética. 3. Parâmetros
genéticos. 4. Recursos genéticos. 5. Ganho genético. I.
Alves, Ricardo Elesbão. II. Ramos, Semíramis Rabelo
Ramalho. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

À minha mãe, Marlene Batista de Lima Belém

À minha filha, Maria Luiza Batista Gomes

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pela oportunidade de realização de meus sonhos, me direcionando sempre com sua infinita bondade e sabedoria. Por ser a mão que me sustenta, a companhia que nunca permite que me sinta só e por me dar a fortaleza necessária para seguir nos caminhos que Ele planejou.

A minha mãe Marlene Batista de Lima Belém, por todo apoio, amor, carinho, cuidado, paciência, companheirismo, enfim por usar tão bem esse dom de ser MÃE. Por ser meu grande exemplo de mulher, além de ofertar diariamente o combustível que me alimenta e me impulsiona na realização dos meus sonhos - o amor materno.

A minha filha Maria Luiza Batista Gomes, que ainda no meu ventre, desperta uma força e coragem para lutar pelas batalhas da vida em busca de dias melhores para desfrutarmos na companhia uma da outra.

Ao meu irmão Allan Diego Batista Belem, que em muitas situações deixou de ser irmão para ser um grande pai e fez várias renúncias pessoais para que cada conquista na minha vida passasse de um sonho a realidade. A minha irmã Alice Batista Belem, um anjo de Deus que amo, me faz feliz e que sempre intercede pela minha felicidade.

A Thalys Rennan Leandro Gomes, meu esposo e companheiro, por todo amor, carinho, atenção, compreensão, companheirismo, paciência.

Aos meus sobrinhos, Luiz Diego de Moura Belem e Marina de Moura Belém que trazem uma enorme alegria através do sorriso ofertado e me estimulam a alçar novos voos com a simplicidade que carregam dentro do coração infantil.

Ao meu pai Cláudio Wilson Belem, que mesmo ausente em muitas circunstâncias é uma peça fundamental para concretização dessa nova etapa na minha vida.

A doutora Semíramis Rabelo Ramalho Ramos, por ser esse exemplo de profissional dedicada e mulher destemida que me ensina com suas atitudes o verdadeiro sentido da frase: “Para que preciso de pés quando tenho asas para voar?” (Frida Kahlo). Orientando-me e direcionando meus passos nessa trajetória acadêmica, onde muitas vezes acreditei que não teria mais pés para continuar na caminhada, ela me ajudou a alçar novos voos para que fosse possível a conclusão desse ciclo na minha vida.

Ao meu orientador, doutor Ricardo Elesbão Alves, pela orientação. Um profissional altamente qualificado, que desempenha inúmeras funções no âmbito profissional, capaz de dedicar parte do seu tempo nas discussões e direcionamento para conclusão do presente trabalho.

Ao doutor Fernando Antônio de Souza Aragão, que durante a caminhada em Fortaleza - CE me ensinou sobre o valor dos recursos genéticos vegetais de forma leve e despertou interesse nesse novo ramo de estudo tendo me ensinado, principalmente, sobre a grandeza de enxergar as pessoas além do profissional.

A professora Silvanda de Melo Silva, referência de profissional competente e ética, que me acompanhou desde o início do curso de doutorado prestando todo apoio necessário.

Ao professor Glauber Henrique de Sousa Nunes, pelo apoio na realização das análises estatísticas e contribuições relevantes na pesquisa.

Ao professor Izaías da Silva Lima Neto, pela participação e excelentes contribuições na no exame de defesa da qualificação.

A Luiz Plácido de Sousa Cavalcanti e Maria Rayanne Ribeiro de Paula, pela amizade e companheirismo durante todas as fases de condução do experimento, uma parceria que ultrapassou as barreiras físicas da Embrapa Tabuleiros Costeiros e nos fez seguir juntos nos apoiando em todos os momentos da fase vivida em Aracaju - SE.

Ao técnico de campo, Genival de Jesus e a equipe do Campo Experimental Pedro Arle, localizado no município de Frei Paulo - SE, pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros, pelo apoio e serviço prestado durante a condução dos experimentos em campo.

Ao Analista Bruno Cardoso e a equipe do Laboratório de Nutrição de Plantas, pelo apoio e serviço prestado durante a realização das análises laboratoriais.

A equipe de trabalho da abóbora, estagiárias e bolsistas orientadas pela Dr^a Semíramis, nas pessoas de Tairan, Hister, Íris, Ayrla, Rubimara, Eduarda, Leticia, Fabiana e Aline, que nos ajudaram na execução das análises laboratoriais e fizeram o trabalho ser mais leve pelo companheirismo ofertado.

Ao Movimento Jovem Fraternidade e Caminho que me acolheu e demonstrou muito do amor de Deus na minha vida.

A Maria das Graças, Luana Sousa e Rayssa Ribeiro, grandes companheiras de caminhadas em Areia-PB.

A quipe do Laboratório de Fisiologia da Pós-Colheita, UFPB, Areia-PB e Laboratório de Melhoramento e Recursos Genéticos Vegetais, Embrapa Agroindústria Tropical Fortaleza-CE.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta na conclusão do Curso de Doutorado.

Muito obrigada!

BELEM, A.B. **Variedades de abóboras (*Cucurbita moschata*) agronomicamente superiores e com altos teores de carotenoides via seleção participativa.** Areia-PB, 2021. 90f. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Área de concentração: Agricultura Tropical. Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A preocupação com o crescente aumento da desnutrição no mundo levou ao desenvolvimento de estudos sobre a biofortificação dos alimentos, com a intenção de melhorar a qualidade dos produtos agrícolas por meio de melhoramento de plantas. A abóbora é considerada importante fonte de carotenoides, principalmente β -caroteno, um precursor de vitamina "A". Esta pesquisa teve por objetivos estimar a divergência e os parâmetros genéticos em progênies de abóboras selecionadas para variáveis de fruto e químico nutricionais, submetidas a diferentes ciclos de seleção Massal Participativa. Foi conduzido experimento no Campo Experimental da Embrapa Tabuleiros Costeiros, localizado no município de Frei Paulo-SE. O experimento foi composto por oito tratamentos, sendo eles referentes a sete ciclos sucessivos de Seleção Massal Participativa (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7) e uma testemunha (variedade comercial, Abóbora Maranhão). Houve ganho genético direto para o teor de carotenoides totais com potencial de ganhos indiretos em massa seca e teor de sólidos solúveis, ao longo dos ciclos de Seleção Massal Participativa. O ciclo de seleção C6 agregou mais progênies superiores para carotenoide totais. É válido destacar também que os frutos de abóbora da população C6, mantiveram características morfológicas semelhantes a variedade comercial.

Palavras-chave: *Cucurbita moschata*; recursos genéticos; divergência genética; melhoramento; herdabilidade; parâmetros genéticos; ganho genético.

BELEM, A.B. Agronomically superior pumpkin varieties (*Cucurbita moschata*) with high carotenoid contents through participative selection. Areia-PB. 90f. Thesis (Doctor of agronomy). Graduate Program in Agronomy. Area of concentration: Tropical Agriculture. Federal University of Paraiba.

ABSTRACT

The concern with the growing increase in malnutrition in the world led to the development of studies on food biofortification, with the intention of improving the quality of agricultural products through plant improvement. Pumpkin is considered an important source of carotenoids, mainly β -carotene, a precursor of vitamin "A". This research aimed to estimate the divergence and the genetic parameters in pumpkin progenies selected for fruit and nutritional chemical variables, submitted to different cycles of Massal Participatory Selection. An experiment was conducted at the Experimental Field of Embrapa Tabuleiros Costeiros, located in the municipality of Frei Paulo-SE. The experiment consisted of eight treatments, referring to seven successive cycles of Participatory Mass Selection (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7) and a control (commercial variety, Abóbora Maranhão). There was a direct genetic gain for the total carotenoids content with potential for indirect gains in dry mass and soluble solids content, throughout the Participatory Mass Selection cycles. The C6 selection cycle added more superior progenies for total carotenoids. It is also worth noting that the pumpkin fruits from the C6 population maintained morphological characteristics similar to the commercial variety.

Keywords: *Cucurbita moschata*; genetic resources; genetic diversity; plant breeding; heritability; genetic parameters; genetic gain.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Biossíntese de carotenoides em plantas. Adaptado de McQuinn et al. (2015). 26
- Figura 2.** Dados de pluviometria durante condução do experimento. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade Experimental Queimadas, Frei Paulo-SE. 2017. 64
- Figura 3.** Estimativas do coeficiente de Spearman entre nove caracteres avaliados nos frutos de populações de abóboras (*Cucurbita moschata*) enriquecidas nutricionalmente ao longo de ciclos de Seleção Massal. Ano 2017. (Estimativas $\geq 0,7$ e $\leq -0,7$ são significativas pelo teste t $p < 0$). Massa do fruto (MF), luminosidade da polpa (LP), croma da polpa (CP), ângulo Hue da polpa ($^{\circ}$ HP), massa seca (MS), sólidos solúveis (SS), carotenoides totais (CAT). 69
- Figura 4.** Frequência de diferentes formatos de frutos observada em populações de abóboras (*Cucurbita moschata* D.) enriquecidas nutricionalmente sob seleção massal participativa. 70
- Figura 5.** Variação de formatos em populações de abóbora (*Cucurbita moschata*) enriquecidas nutricionalmente. A: C1; B: C2; C: C3; D: C4; E: C5; F: C6; G: C7; H: Variedade comercial, Abóbora Maranhão..... 73
- Figura 6.** Dados de pluviometria durante condução do experimento. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade Experimental Queimadas, Frei Paulo-SE. 2017. 81

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Populações de abóbora resultantes de sete ciclos contínuos de seleção massal efetuada por meio da participação de agricultores e pesquisadores para caracteres morfológicos e químico-nutricionais..... 64
- Tabela 2.** Estimativa da variância em populações de abóboras (*Cucurbita moschata* D.) para variáveis: massa do fruto (MF), luminosidade da polpa (LP), croma da polpa (CP), ângulo Hue da polpa ($^{\circ}$ HP), massa seca (MS), sólidos solúveis (SS), carotenoides totais (CAT)..... 67
- Tabela 3.** Médias genótípicas de caracteres dos frutos de abóbora (*Cucurbita moschata* D.), em sucessivos ciclos de seleção. 68
- Tabela 4.** Teste de Friedman para o índice de cor da polpa e o formato do fruto em populações de abóboras (*Cucurbita moschata*) enriquecidas nutricionalmente..... 69
- Tabela 5.** Populações de abóbora resultantes de sete ciclos contínuos de seleção massal efetuada por meio da participação de agricultores e pesquisadores para caracteres morfológicos e químico-nutricionais..... 82

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. <i>Origem e diversidade</i>	16
2.2. <i>Produção, consumo e utilização da abóbora</i>	16
2.3. <i>Recursos genéticos de abóbora na região Nordeste do Brasil</i>	18
2.4. <i>Composição nutricional e propriedades funcionais em abóbora</i>	22
2.4.1. <i>Carotenoides</i>	24
2.4.2. <i>Qualidade dos frutos de abóbora</i>	26
2.5. <i>Considerações sobre melhoramento da abóbora</i>	27
2.5.1. <i>Estudos desenvolvidos no Brasil no gênero Cucurbita</i>	30
2.5.2. <i>Métodos de melhoramento</i>	31
2.5.3. <i>Melhoramento participativo</i>	33
2.5.4. <i>Melhoramento visando características nutricionais</i>	34
2.5.5. <i>Fatores genéticos, químicos e fisiológicos envolvidos na síntese de carotenoides em abóbora</i>	36
2.6.1. <i>Variância</i>	39
2.6.2. <i>Herdabilidade</i>	40
2.6.3. <i>Ganho genético</i>	41
2.7. <i>Programa de melhoramento genético da abóbora no âmbito do Programa de Biofortificação de Alimentos da Embrapa</i>	43
2.8. <i>Divergência genética</i>	44
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO II	60
A seleção participativa promoveu ganhos genéticos, em especial nos teores de carotenoides, em abóbora (<i>Cucurbita moschata</i>)?	60
Palavras-chave agricultura familiar • <i>Cucurbita moschata</i> • ganho genético • carotenoides • seleção participativa de variedades	62
Introdução	62
Material e métodos	64
Resultados	67
Conclusão	73
CAPÍTULO III	78
Valoração de características de interesse dos agricultores tradicionais de abóbora (<i>Cucurbita moschata</i>) ao longo de sucessivos ciclos de recombinação	78
INTRODUÇÃO	80

MATERIAL E MÉTODOS	81
RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
REFERENCIAS	90

1. INTRODUÇÃO GERAL

A família Cucurbitácea agrupa espécies que se sobressaem na agricultura familiar do Nordeste brasileiro. Dentre tais espécies destaca-se a abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.), uma hortaliça-fruto originária das Américas, cujo cultivo data de mais de 10.000 anos (HURD JUNIOR et al., 1971). A espécie apresenta importância econômica e alimentar em âmbito nacional, usada tanto na alimentação humana quanto animal (HEIDEN et al., 2007). Além disto, tem grande importância social na geração de empregos, pois demanda mão-de-obra em todas as etapas do seu ciclo produtivo (RESENDE et al., 2013).

A abóbora é considerada uma espécie exótica e adaptada às condições edafoclimáticas da região Semiárida, onde é possível constatar ampla variabilidade genética expressa por meio da variação fenotípica em caracteres como coloração da casca e da polpa, tamanho e formato do fruto, dentre outras características agrônomicas de interesse (RAMOS et al., 2000). A grande variabilidade genética das abóboras é de suma importância para a alimentação humana tanto pela versatilidade culinária (SILVA et al., 2006) quanto por apresentar alto teor de antioxidantes, principalmente carotenoides, além de ser fonte de minerais, fibras, vitaminas e outros nutrientes (ARUAH et al., 2012).

No Brasil, o cultivo de abóboras utilizando variedades locais, tradicionais ou crioulas é predominante, as quais a grande maioria são cultivadas e consumidas na própria propriedade e o excedente comercializado em mercados locais (HEIDEN et al., 2007). Nesse sistema produtivo os agricultores realizam a própria seleção de frutos, utilizando as sementes para o cultivo do ano seguinte. Esse processo gera populações que apresentam ampla variabilidade genética, evidenciada pela extensa variação fenotípica e bastante adaptadas às condições locais de cultivo (RAMOS e QUEIROZ, 2005; HEIDEN et al., 2007; PRIORI et al., 2012).

Ao longo dos anos, diferentes trabalhos de pesquisa no âmbito do melhoramento genético vêm sendo desenvolvidos com cucurbitáceas. No entanto, considerando o gênero *Cucurbita*, ainda há muito o que se avançar e, em especial, para a espécie *Cucurbita moschata* onde os trabalhos de melhoramento ainda são muito incipientes como reportam Bezerra Neto et al. (2006) e, que perdura até os dias atuais. Ramos et al. (2015) chamam atenção para composição nutricional desses frutos, constituindo uma importante característica a ser considerada nos trabalhos de melhoramento genético da espécie.

O cenário agrícola atual transpassa a responsabilidade de produzir apenas alimentos ricos em calorias para reduzir a fome. A agricultura é responsável pela produção de alimentos ricos em nutrientes e vitaminas capazes de suprir as carências nutricionais subclínicas,

conhecidas como “fome oculta” (SALTZMAN et al., 2013). Diante de tal apelo nutritivo e em busca de alternativas que possam suprir as exigências agrônômicas e nutricionais em um único produto, o programa de Biofortificação de alimentos busca atender tal demanda e lançar no mercado variedades que concentrem essas duas características e ricos em ferro, zinco e carotenoides (CARVALHO e NUTTI, 2012).

Os carotenoides desempenham um papel protetor contra doenças associadas ao envelhecimento, câncer, doenças cardiovasculares, cataratas e degeneração muscular relacionada à idade (BAKAN et al., 2014). Como afirmam Souza et al. (2012), genótipos promissores de abóbora com altos teores de carotenoides, em especial β caroteno, precursor da vitamina A em mamíferos, são encontrados no Nordeste brasileiro, no entanto nessa região ainda se observa alto índice de hipovitaminose A. Apesar de todo potencial nutritivo registrado em variedades locais na região Nordeste, essas espécies ainda são subutilizadas.

Para que o melhoramento genético consiga avançar é necessário ações de pré-melhoramento que visem oferecer subsídios para que os objetivos do melhorista sejam alcançados. Uma importante etapa consta da caracterização do germoplasma a ser utilizado, Amariz et al. (2009) destacam que a caracterização além de dados agrônômicos, é necessário atender as normas e exigências dos diferentes mercados e incluir elementos relativos à qualidade, que agregou novos componentes relacionados à composição químico-nutricional, além das características tradicionais como aparência e sabor.

Para tanto é importante estimar os parâmetros genéticos, pois fornecem informações sobre o grau em que um caráter pode ser transmitido em sucessivas gerações da espécie a ser melhorada (BELLO et al., 2012). Assim, a herdabilidade e as variâncias genotípicas, fenotípicas, dentre outros parâmetros, são importantes para predizer a variação genética da população e identificação genótipos promissores para continuidade dos ciclos e a eficiência dos métodos, maximizando os ganhos com a seleção (CRUZ e REGAZZI, 2004).

Tendo em vista a necessidade de se efetuar avaliações mais precisas na área de recursos e melhoramento genéticos, torna-se importante o estudo da divergência genética (RAMOS et al., 2000). A determinação da divergência genética, utilizando de recursos da análise multivariada, a qual permite que diversos caracteres avaliados sejam utilizados simultaneamente, pode evidenciar vantagens como a identificação de fontes de variabilidade genética, bem como a importância de cada caráter avaliado em relação à divergência genética, além de permitir aos melhoristas conhecer as combinações com maiores chances de sucesso (MOURA et al., 1999).

Tais informações são essenciais no desenvolvimento de programas de melhoramento genético, as quais subsidiam o lançamento de novas variedades que atendam às exigências do mercado consumidor, considerando tanto os aspectos agronômicos quanto nutricionais.

Diante do exposto, esta pesquisa tem por objetivos:

- Estimar o ganho genético obtido em carotenoides totais, por meio de ciclos de Seleção Massal Participativo, bem como identificar o ciclo que agregue progênes mais promissoras para as características morfológicas e químico-nutricionais.
- Estimar a relação de distância/proximidade entre populações tradicionais de abóbora selecionadas por meio do melhoramento participativo e submetidas a sucessivos ciclos de recombinação, com foco no aumento do conteúdo de carotenoides dos frutos

CAPÍTULO I
Referencial Teórico

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e diversidade

O gênero *Cucurbita* compreende várias espécies silvestres e domesticadas nativas das Américas. Cinco espécies desse gênero foram domesticadas há milhares de anos e compreendem as hortaliças conhecidas como abóboras (*Cucurbita moschata*), morangas (*Cucurbita maxima*), gilas (*Cucurbita ficifolia*), abobrinha (*Cucurbita pepo*) e abóboras cabaça ornamentais (*Cucurbita argyrosperma*) (BARBIERI, 2012). Destas, as duas espécies mais cultivadas no Brasil são *C. maxima* e *C. moschata* (PRIORI et al, 2013).

A abóbora tem seu centro de origem na região central do México, estendendo-se até a Colômbia e a Venezuela (WHITAKER e ROBINSON, 1986; PIPERNO e PEARSALL, 1998). Saade (1995), relata que não é possível definir uma região em particular como centro de origem, pois em várias regiões da América tem sido detectada grande variabilidade de frutos e sementes de *Cucurbita moschata*. Assim como as demais espécies do gênero *Cucurbita*, são diploides, com 20 pares de cromossomos ($2n = 40$) (SAADE, 1995).

O cultivo de abóboras data de mais de 10.000 anos, aproximadamente, e os frutos faziam parte da base alimentar da civilização Olmeca, posteriormente incorporada pelas culturas Asteca, Inca e Maia (HURD JUNIOR et al., 1971; FERREIRA, 2008). A população africana contribuiu significativamente na expansão da variabilidade genética dessa espécie em território nacional, introduziram um expressivo número de amostras de plantas pertencentes a diferentes espécies dessa família e, isso contribuiu de forma direta para riqueza na diversidade de tipos, formatos, cores e sabores dessa espécie nas diferentes regiões brasileiras (FERREIRA, 2008).

No Brasil, são cultivadas variedades crioulas das cinco espécies domesticadas em diferentes regiões do país (HEIDEN et al., 2007). Na região Nordeste, provavelmente as condições edafoclimáticas locais tenham contribuído para uma boa adaptação da cultura, uma vez que temperaturas entre 18 e 30 °C são ideais para o cultivo, não suportando temperaturas abaixo de 10 °C (RAMOS et al., 2010). Nas diferentes regiões do país, a diversidade das espécies do gênero *Cucurbita* é mantida por agricultores familiares, que selecionaram as variedades adequadas as suas condições edafoclimáticas, durante gerações (PRIORI et al., 2018).

2.2. Produção, consumo e utilização da abóbora

Traçando um panorama mundial com intervalo compreendido entre os anos de 2008 a 2018, pode-se observar um crescimento tanto na área colhida quanto na produção total de abóboras no mundo. Em 2008 foram registrados os dados de 1.660.104 hectares na área colhida de abóboras ao redor do mundo e uma produção de 21.647.310 toneladas de frutos. Em 2018, o registro foi de 2.042.955 hectares enquanto a produção atingiu 27.643.932 toneladas. Considerando a produção internacional em 2018, constata-se que o continente americano participou da produção global com um total de 3.055.039 toneladas (FAO, 2018).

Nacionalmente, abóbora é a nona hortaliça em importância econômica, sendo superada pela batata, tomate, coentro, cebola, alho, alface, pimentão e cenoura (CNA, 2017). De acordo com dados do IBGE (2021), a produção nacional, em 2017, foi de 417.839 toneladas, sendo a região Sudeste a principal produtora (133.552 toneladas), seguida da região Nordeste (126.684 toneladas). O principal estado produtor é Minas Gerais que detém a produção de 83.600 toneladas, seguido da Bahia com 61.235 toneladas. O estado de Sergipe é responsável pela produção de 4.600 toneladas de frutos de abóboras e morangas (IBGE, 2021).

Segundo dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), referente aos anos de 2008 e 2009 (POF 2008-2009), disponíveis na plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o consumo nacional *per capita* de abóbora corresponde a 2,3 g/dia. Fazendo um comparativo entre as regiões brasileiras, a região Centro-Oeste tem um maior público consumidor de abóboras (3,9 g/dia), seguida da região Sudeste com um consumo de 2,5 g/dia e a região Nordeste segue com consumo de 2,3 g/dia. As regiões Sul e Norte, apresentam as menores taxas de consumo, 1,9 e 1,0 g/dia de frutos de abóbora, respectivamente (IBGE, 2010).

Em pesquisa com intuito de identificar os hábitos e preferências de consumidores de abóbora no estado de Sergipe, Manos et al., (2017) identificaram que os principais motivos que justificam o consumo de abóbora pelas famílias estão relacionados às características sensoriais, como o sabor, e aos benefícios nutricionais. Outra parcela de entrevistados associou o consumo ao costume local, um alimento considerado tradicional na região.

As abóboras estão entre as principais hortaliças produzidas em pequenas propriedades rurais e possuem múltiplas aplicações na alimentação humana, como forrageiras na alimentação animal, e mesmo como ornamentais. Além disso, são facilmente armazenadas e apresentam longa durabilidade pós-colheita, sendo, portanto, um recurso versátil e importante na agricultura familiar (HEIDEN et al. 2007).

Na alimentação humana, a polpa pode ser usada de diversas maneiras, em saladas, cozidos, refogados ou como ingredientes na composição de sopas, purês, bolos, pudins e doces. Quanto as folhas e flores, estudos demonstram que são excelente fonte de vitaminas e minerais

e são apropriadas ao consumo, geralmente consumidas refogadas. Em relação às sementes, registra-se o consumo como aperitivos ou torradas, podem conter até 50% de óleo e 35% de proteína, sendo consideradas como suplemento proteico. O óleo da semente de abóbora vem tendo ampla aceitação, não só como óleo comestível, mas como produto antioxidante (BRASIL, 2015).

Além desses usos, pesquisas demonstram que as sementes de abóbora podem ter uso potencial na alimentação animal. Castro et al. (2011) verificaram que a composição química da farinha de semente de abóbora possui nutrientes importantes para nutrição animal como proteína bruta e extrato etéreo, sendo estes componentes de custo elevado nas formulações de rações. As sementes de abóbora podem ser consideradas como alternativa para compor o preparo das rações e reduzir o custo de produção, favorecendo o aproveitamento de resíduos industriais.

Outra potencialidade da espécie é com relação ao uso ornamental, como registrado por Fischer et al. (2016) que, em estudo sobre o cultivo e uso de variedades crioulas de abóboras ornamentais no Rio Grande do Sul verificaram grande diversidade de variedades crioulas ornamentais mantidas por agricultores familiares naquele estado.

Na agricultura, a abóbora destaca-se, ainda, como porta-enxertos para culturas como o pepino, permitindo vantagens como a antecipação da colheita em três dias aproximadamente, além de melhores características comerciais como, por exemplo, brilho na casca (CANIZARES e GOTO, 2002).

Além do valor econômico, consumo alimentar e animal, Resende et al., (2013) afirmam que o cultivo de cucurbitáceas no Brasil, em especial as abóboras, tem grande importância social na geração de empregos diretos e indiretos, pois exige grande quantidade de mão-de-obra, em todo seu ciclo de produção.

2.3. Recursos genéticos de abóbora na região Nordeste do Brasil

Os recursos genéticos são definidos como a fração da biodiversidade que tem previsão de uso atual ou potencial (GIACOMETTI, 1993). Ações de conservação, manutenção e uso sustentável de recursos genéticos vegetais são essenciais para satisfazer as necessidades alimentares da população mundial, tanto da geração presente quanto futura, que se torna cada vez mais numerosa e exigente (GERBASI, 2008). Em 2008 foi fundado o maior banco de germoplasma do mundo, situado na Ilha do arquipélago de SVALBARD (cidade

Longyearbyen), Noruega, ele está situado no interior de uma montanha e foi planejado para resistir a catástrofes climáticas e explosões nucleares. Assim, o banco nórdico é considerado o mais seguro em termos físicos e ambientais e funciona como uma cópia de segurança para conservação a longo prazo das sementes de bancos de germoplasma de todo o planeta (EMBRAPA, 2020).

Nos bancos genéticos distribuídos mundialmente, de acordo com dados registrados na plataforma Genesys© (<https://www.genesys-pgr.org/pt/a/overview/v2p5DZB623D>), estão depositados 22.588 acessos do gênero *Cucurbita*, originários principalmente, de países da América Latina (Brasil, 4199 acessos; Guatemala, 1202 acessos; México, 1079; Costa Rica, 659) com um total de 7769 acessos com procedência de países latino-americanos. A Espanha contribui com um número significativo de acessos, 1758, e em menor grau, outras regiões do mundo. As três coleções mais representativas desses acessos encontram-se conservadas em instituições localizadas em países do continente americano, sendo o Brasil com maior número de acessos conservados (6155), seguido dos Estados Unidos (4878 acessos) e Costa Rica (2114 acessos).

No Brasil, a conservação dos recursos genéticos tem forte relação com sua raiz histórica, visto que no processo de colonização grupos de indivíduos de distintas localidades carregavam suas próprias variedades crioulas e, junto com elas, o conhecimento necessário para propagar, cultivar e armazenar sementes. As variedades crioulas de cucurbitáceas e de outras espécies cultivadas no país representam um amplo patrimônio genético, além do valor cultural, as quais constituem parte da história da nação brasileira. Por longos anos no país os agricultores familiares eram os maiores responsáveis pela perpetuação de variedades de cucurbitáceas (BARBIERI, 2012).

De forma geral, a maioria destas variedades é cultivada em pequenas áreas, para consumo de subsistência e o excedente é comercializado em mercados locais. Como afirmam Ramos e Queiroz (2005), os agricultores realizam a própria seleção de frutos e as sementes dos frutos selecionados são usadas para o próximo cultivo. Pelo fato de usarem suas próprias sementes, as quais são resultados de uma seleção contínua, os agricultores obtêm tipos de frutos de formatos, peso e tamanhos diversos, os quais são germoplasma de grande valor.

Dentro do gênero *Cucurbita*, a maior diversidade genética sob cultivo no país encontra-se na Região Sul, em maior amplitude no Rio Grande do Sul. Esse estado, sofreu influência da colonização por grupos étnicos africanos, alemães, espanhóis, italianos, japoneses, poloneses e portugueses, o que implica diretamente na manutenção da diversidade genética e a expansão da variabilidade genética da espécie (PRIORI et al, 2012).

O cultivo de abóboras na região Nordeste brasileira é praticado em dois modelos de produção, sendo eles com uso de algumas variedades, por exemplo a ‘jacarezinho’ e híbridos do tipo japonês, como o ‘Tetsukabuto’. No entanto, o cultivo mais difundido e aceito no mercado regional é realizado com variedades crioulas que são popularmente denominadas, em várias partes do Nordeste, de abóbora ‘Maranhão’ ou abóbora ‘comum’ (RAMOS et al., 1999).

Ao longo dos anos esses materiais locais vêm sofrendo perdas irreparáveis os quais ocasiona um forte erosão genética que pode ser observada ainda, dentre outros fatores, em virtude do abandono do cultivo, seja ele pelas secas prolongadas ou pela questão do êxodo rural (QUEIROZ et al., 1998; BARBIERI, 2006). Outra causa que pode ser mencionada é o ataque por pragas como a mosca-branca, que comprometem seriamente esses cultivos na produção familiar (SILVA et al., 2010). Tendo em vista que os recursos genéticos são indispensáveis para garantia da segurança alimentar em todo o mundo e, que, essa riqueza está sendo perdida em um ritmo alarmante, é cada vez mais urgente a responsabilidade global na conservação, conhecimento e utilização dos recursos genéticos (BARBIERI, 2015).

A coleta e conservação de acessos de Cucurbitáceas é um fator essencial na manutenção da variabilidade genética dessas espécies. De acordo com os dados coletados na plataforma Genesys© (<https://www.genesys-pgr.org/a/overview/v2YdYMxkQLj>), há conservado em bancos de germoplasma 8013 acessos da espécie *Cucurbita moschata*. O Brasil (3677 acessos), seguido da Costa Rica (1608 acessos) e dos Estados Unidos (1012 acessos) são os países com maior número de acessos conservados em instituições nos seus respectivos países. Os demais acessos registrados na plataforma para essa espécie encontram-se conservados em Taiwan (797), Espanha (273), Quênia (183), Portugal (154), Alemanha (110), Bulgária (65), Hungria (47), Outros (87) (GENESYS, 2020).

O Brasil conta com acessos de cucurbitáceas conservados em algumas instituições tanto de ensino quanto de pesquisa distribuídas em algumas regiões do país. Dentre os bancos ativos de germoplasma (BAG) que conservam espécies dessa família, o BAG de hortaliças da Universidade Federal de Viçosa-MG é o mais antigo e detém mais de 6.550 acessos de diferentes famílias, dos quais mais de mil acessos são pertencentes a diferentes espécies de cucurbitáceas, com predominância de acessos de *C. moschata* e *C. maxima*, seguido de *Citrullus lanatus* e *Cucumis sativus* (SILVA et al., 2001).

No Instituto Agronômico de Campinas foi instalado outro banco de germoplasma bastante antigo, porém, a regeneração dos acessos não tem sido realizada e, possivelmente algumas amostras já tenham sofrido erosão genética (QUEIROZ, 2011). A Embrapa mantém Bancos Ativos de Germoplasma de Cucurbitáceas em quatro Unidades: Embrapa Clima

Temperado, Embrapa Hortaliças, Embrapa Semiárido e na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia os quais somam um total de 6299 acessos conservados (ALELO, 2020).

A Embrapa Clima Temperado possui acessos coletados, principalmente, na agricultura tradicional dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, sendo que quase a metade está distribuída em cinco espécies do gênero *Cucurbita* sendo elas: *argyrosperma*, *ficifolia*, *maxima*, *moschata* e *pepo*. O banco conta, ainda, com acessos de *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo*, *Lagenaria siceraria*, *Luffa cylindrica*, *Momordica charantia* (PRIORI et al., 2010). Dados da plataforma Alelo (2020), registram 637 acessos pertencentes a família Cucurbitácea conservados nessa unidade

A Embrapa Hortaliças, localizada em Brasília-DF, conserva amostras de diferentes espécies de cucurbitáceas sendo que as espécies *Cucurbita moschata* e *Cucurbita maxima* respondem por um total de 2934 acessos (ALELO, 2020). O banco de germoplasma da Embrapa Hortaliças dispõe, ainda, de uma coleção de acessos de melancia que tem sido avaliada para resistência ao Papaya *ringspot* vírus, estirpe melancia, usando acessos oriundos da coleção de germoplasma (Vieira et al, 2010).

Quanto a conservação de germoplasma de cucurbitáceas na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, segundo levantamento de Ferreira et al. (2007), o BAG conserva acessos de diferentes gêneros e espécies tais como *Citrullus lanatus*, *Cucurbita spp.*, *Cucurbita ecuadorensis*, *Cucurbita foetidissima*, *Cucurbita lundelliana*, *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*, *Cucurbita okeechobeensis*, *Cucurbita pepo*, *Cyclanthera pedata*, *Lagenaria siceraria*, *Luffa cylindrica*, *Luffa operculata*, *Momordica charantia*, *Sicana odorifera* e algumas espécies desconhecidas denominadas popularmente de merluza, maxixão e meloa. No tocante ao gênero *Cucurbita*, são registrados dados de 1694 acessos conservados no BAG (ALELO, 2020).

Na Embrapa Semiárido, localizada no município de Petrolina-PE, encontra-se o Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitaceas para o Nordeste brasileiro que iniciou suas atividades em 1985 e tem cerca de 1500 acessos das espécies *Citrullus lanatus* var. *lanatus*, *C. lanatus* var. *citroides*, *Cucurbita moschata*, *C. maxima*, *C. anguria*, *Lagenaria siceraria*, *C. melo*, dentre outras, posteriormente introduzidas como *Momordica charantia*, *C. metuliferus*, *C. dipsaceus* (QUEIROZ, 2004; QUEIROZ, 2011). Atualmente conta com 1124 acessos do gênero *Cucurbita* conservados (ALELO, 2020). Este banco de germoplasma é constituído, principalmente, por acessos que foram coletados em áreas de produtores, feiras livres e CEASAs em 111 municípios dos estados da Bahia, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Piauí, Paraíba, Sergipe, Minas Gerais, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Sul e Rondônia. Além disso,

consta também com acessos oriundos de outros países (Estados Unidos, Espanha, Portugal, Quirguistão, Suíça e Moçambique) (SILVA et al., 2015).

Estudos que visam o alcance de variedades que concentrem boas características agronômicas e nutricionais são de extrema importância para que se possa oferecer ao produtor e consumidor frutos com boa qualidade produtiva, comercial e nutricional. Logo, no processo de avaliação e caracterização de germoplasma de espécies de cucurbitáceas se faz necessário analisar descritores que abranjam variáveis produtivas bem como nutricionais.

Assis et al. (2007), avaliando 23 acessos de abóbora do BAG de cucurbitáceas da Embrapa Semiárido, encontraram concentrações de carotenoides totais cujos valores variaram entre 7,02 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 138,56 $\mu\text{g g}^{-1}$. Dos acessos avaliados, oito apresentaram teores maiores do que o determinado para o híbrido Tetsukabuto, variedade cultivada de *Cucurbita* no Brasil, que apresentou 52,30 $\mu\text{g g}^{-1}$ em outro estudo .

Amariz et al. (2009), em estudo intitulado Caracterização da qualidade comercial e teor de carotenóides em acessos de abóbora, cujo acessos são oriundos do mesmo BAG de Cucurbitáceas acima citado, identificaram que os frutos do acesso 620, reúne atributos desejáveis ao mercado de comercialização dessa hortaliça como frutos com menor comprimento longitudinal, menor diâmetro da cavidade interna longitudinal, cor da polpa laranja intenso, maior teor de SS, maior AT e maior teor de carotenóides totais, sugerindo sua inclusão em programas de pré-melhoramento e melhoramento genético de cucurbitáceas.

Borges et al. (2019), também avaliaram acessos procedentes do BAG de Cucurbitáceas da Embrapa Semiárido com o objetivo de estimar e prever os ganhos em abóbora, bem como selecionar indivíduos por características morfoagronômicas e de qualidade da polpa em *C. moschata* e encontraram resultados promissores. Os autores indicaram a superioridade das progênies avaliadas para as variáveis carotenoides totais e β -caroteno e relatam, ainda, que as progênies selecionadas através de parâmetros genéticos cria boas perspectivas para o desenvolvimento de linhas com características nutricionais e produtivas superiores.

Desse modo, pode-se considerar que a avaliação e a conservação dos recursos genéticos em cucurbitáceas permite resgatar a variabilidade genética existente e se constitui ações fundamentais para que programas de melhoramento genético de abóbora sejam desenvolvidos de forma eficaz. Além disso, também importante que medidas voltadas à conservação do germoplasma sejam adotadas visando o uso atual e futuro dessas espécies (QUEIROZ, 1993; RAMOS et al., 1999; BARBIERI, 2015).

2.4. Composição nutricional e propriedades funcionais em abóbora

Do ponto de vista nutricional, a abóbora possui um importante papel na alimentação humana, tanto pela versatilidade culinária quanto pela composição nutricional (SILVA et al., 2006). As abóboras representam uma importante fonte de nutrientes como fibras, proteínas, cálcio, ferro, magnésio, vitaminas e carotenoides, segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2015), em uma porção de 100g de abóbora tem-se os seguintes componentes: energia (26 kcal), proteínas (1 g), carboidratos (6,50 g), fibra (0,5 g), vitamina A (426 µg), vitamina B1 (0,05 mg), vitamina B2 (0,11 mg), vitamina B6 (0,061), vitamina C (9,0), cálcio (21mg), fósforo (44 mg), magnésio (12 mg), ferro (0,80), potássio (340 mg) e zinco (0,32 mg).

O conhecimento das propriedades químicas de frutas e hortaliças tem despertado o interesse da população e estimulado o consumo desses produtos visando à prevenção de algumas doenças, uma vez que a população mundial começou a perceber os benefícios adicionais à saúde por possuírem compostos ou elementos biologicamente ativos (CARVALHO et al., 2006). Rodrigues (2012) afirma que muito mais do que saciar o apetite, os alimentos também são necessários para suprir as necessidades nutricionais do organismo humano, bem como são fundamentais para fazer o organismo funcionar de maneira adequada e harmônica.

Estudos indicam que frutas e hortaliças são ricas em compostos funcionais os quais possuem potencial atividade antioxidante. Esses compostos são representados essencialmente pelos polifenóis, ácido ascórbico e os carotenoides (CARVALHO et al., 2006). Em abóboras, de acordo com Jacobo-Valenzuela et al. (2011), é possível verificar a presença de compostos fenólicos, ácido ascórbico e majoritariamente, carotenoides. Corroborando com isso, Astley (2003), reporta que a principal atividade da abóbora como alimento está associada à sua função antioxidante, devido ao alto conteúdo de carotenoides registrados nessa espécie conferindo assim a designação de alimento funcional por englobar benefícios à saúde.

Vários problemas de saúde estão associados à atuação de formas tóxicas de oxigênio, pois apesar de ser necessário para o desempenho das funções celulares, o O₂ leva, inevitavelmente, à formação de espécies reativas de oxigênio (EROs), tais como, ânion superóxido (O₂⁻), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e radical hidroxila (OH⁻) em eventos metabólicos (KARUPPANAPANDIAN et al., 2011; BARBOSA et al., 2014). O aumento da concentração de EROs ocorre quando há o desequilíbrio entre a defesa resultante da ação de antioxidantes e a produção de EROs, caracterizando assim, o estresse oxidativo (MESQUITA et al., 2017). Desse modo, podem ocorrer danos ao DNA, RNA, lipídios e proteínas que causam

processos de oxidação e podem obstruir artérias, transformar células saudáveis em cancerígenas, além de afetar o sistema nervoso e causar o envelhecimento precoce (SILVA e JASIULIONIS, 2012).

Diante do supracitado, a abóbora constitui uma fonte de valor nutricional e com propriedades funcionais antioxidantes reconhecidos que pode ser explorada como forma de melhoria da saúde da população, principalmente, daquela menos favorecida financeiramente. O acesso a alimentos saudáveis e funcionais a população de baixa renda pode proporcionar melhoria da qualidade de vida, preservação das capacidades física e de trabalho e, possivelmente, maior longevidade (BORGES, 2017).

2.4.1. Carotenoides

Os carotenoides são metabólitos secundários lipídicos com papéis fundamentais nas plantas e são compostos de relevância nutricional (ETOH et al., 2000; GROBUSH et al., 2000). Atraem atenção devido às suas propriedades antioxidantes, mas também devido aos pigmentos naturais, principalmente laranja-vermelho, abundantes em muitas frutas e vegetais, como laranjas, tomates, cenouras, abóboras, entre outros,) que constituem parte importante da dieta humana (EDGE et al., 1997; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2014).

As pesquisas desenvolvidas sobre carotenoides contribuíram na melhor compreensão do papel desses pigmentos, que desempenham um papel protetor contra doenças associadas ao envelhecimento, câncer, doenças cardiovasculares, cataratas e degeneração macular relacionada à idade (BOWEN et al., 2015; PANTAVOS et al., 2015). Esses compostos também são utilizados como corantes em muitos alimentos manufaturados, bebidas e alimentos para animais, seja como extratos naturais, a exemplo do extrato de urucum, páprica e calêndula, ou como compostos puros fabricados por síntese química (KIOKIAS et al., 2009).

Os carotenoides são frequentemente descritos como provitaminas A, visto que esta vitamina é um produto derivado do seu metabolismo e a distribuição entre os diferentes grupos de plantas não apresenta um padrão óbvio (COULTATE, 1996). Dentro da família Cucurbitaceae, a espécie *Cucurbita moschata* destaca-se entre as demais devido à possibilidade de alguns acessos apresentarem elevados conteúdos de carotenoides, principalmente, α -caroteno e β -caroteno e, desse modo, de vitamina A (SOUZA et al., 2012). Estes pigmentos podem ser encontrados de forma majoritária em algumas cultivares, e minoritariamente em outras, e o conteúdo pode sofrer interferência de fatores genéticos, ambientais, dentre outros (JACOBO-VALENZUELA et al., 2011).

A via de biossíntese dos carotenoides desempenha diversos papéis nas plantas relacionados à fotossíntese e fotoproteção, assim como também produz compostos relevantes à nutrição humana, contribuindo para a fragrância e sabor das culturas alimentares e não alimentares (SHUMSKAYA e WURTZEL, 2013).

Os carotenoides são sintetizados na natureza por plantas e vários microrganismos (BAI et al., 2015). Os animais podem metabolizá-los de uma maneira característica, mas são incapazes de sintetizá-los. Por serem terpenoides, os carotenoides podem ser sintetizados por duas rotas alternativas, a rota MEP ou a rota do ácido mevalônico. Essas duas rotas de biossíntese de terpenos, ocorrem em organelas diferentes da célula vegetal. Na rota do ácido mevalônico, que ocorre no citoplasma da mesma, três moléculas de acetil-CoA reagem para formar o ácido mevalônico e este, após sofrer reações de piro-fosforilação, descarboxilação e desidratação, resulta no isopentenil-difosfato (IPP) (TAIZ e ZEIGER, 2006), que por sua vez se converte em seu isômero dimetilalil-difosfato (DMAPP), sendo biossintetizado pela rota do MEP, nos cloroplastos, após a protonação da molécula de oxigênio e, conseqüentemente, formação do carbocátion alílico, ocorre a dimerização, com formação do geranyl difosfato (GPP). Na rota do MEP, ocorre a reação de condensação entre uma molécula de gliceraldeído-3-fosfato e piruvato, que origina o DMAPP que se converte em seu isômero IPP (DEWICK, 2009).

A dimerização do IPP leva ao fitoeno e à desidrogenação gradual via fitoflueno, leva ao zeta-caroteno e neurosporeno, fornecendo o licopeno. Ciclizações posteriores, desidrogenações e reações de oxidação, levam a outros carotenoides naturais (KIOKIAS, 2002), sendo estes sintetizados nos cromoplastos a partir do isopentil-difosfato, conforme mostrado na Figura 1.

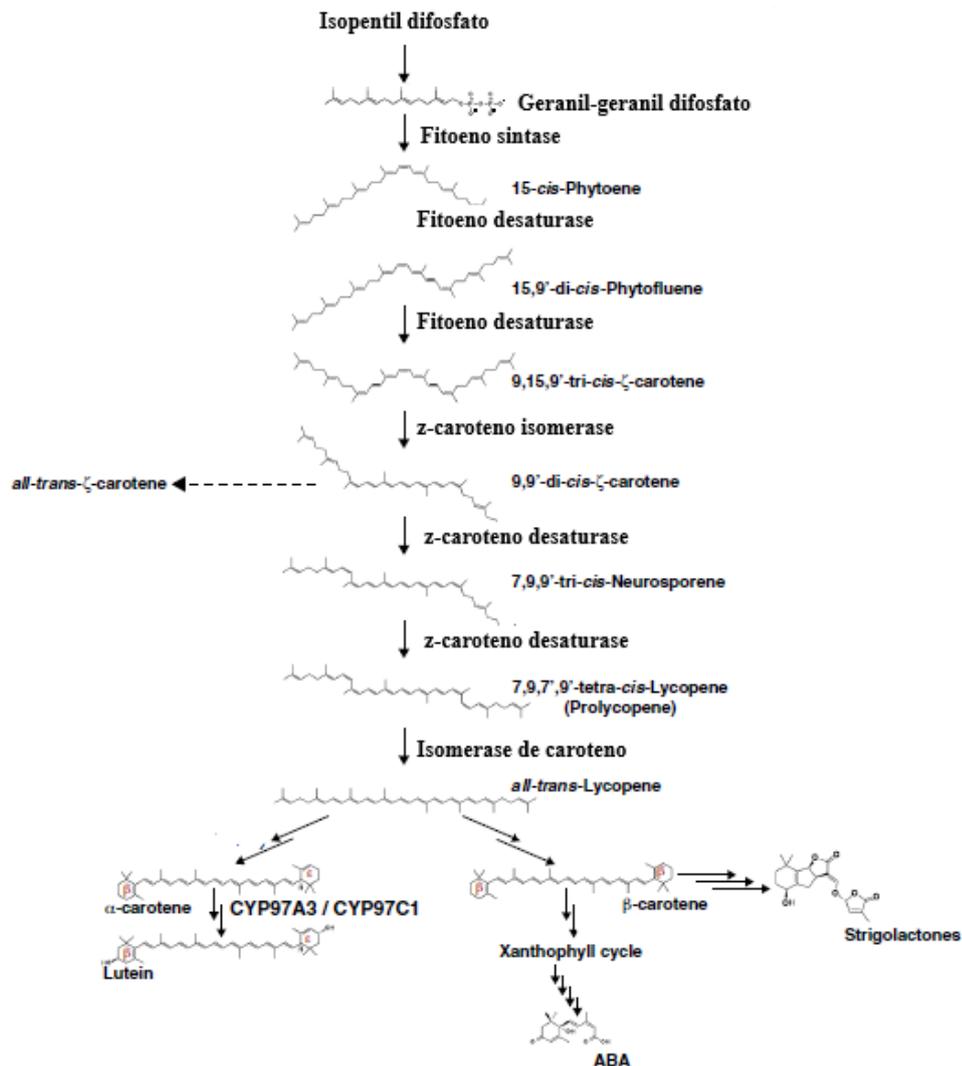


Figura 1. Biossíntese de carotenoides em plantas. Adaptado de McQuinn et al. (2015).

2.4.2. Qualidade dos frutos de abóbora

A definição do termo qualidade relacionada a frutas e hortaliças envolve vários atributos como a aparência visual, a textura, o sabor e o aroma, o valor nutricional e a segurança do alimento, os quais são atributos que constituem o conjunto que conceitua a qualidade (CENCI, 2006). A avaliação e a caracterização de componentes que podem diferenciar um produto e agregar-lhe valor são importantes como meio de incentivar a população ao consumo de alimentos com alto valor nutricional (FAUSTINO, 2017).

Os caracteres físicos, como a espessura da casca e o comprimento do fruto são características de grande interesse do consumidor, visto que há preferência por frutos de tamanho reduzido, bem como espessuras de casca menores, pois comprimentos e espessuras de

casca maiores dificultam o manuseio no descascamento (SASAKI et al., 2006). Ao mesmo tempo, Barbosa (2009) afirma que cascas de espessura fina facilitam a perda de massa durante o armazenamento, tanto porque favorece a ocorrência de injúrias mecânicas quanto por ocasionar maior perda de água.

Quanto a espessura da polpa, Almeida et al. (1994) consideram como uma importante variável a ser mensurada, visto que maior espessura de polpa indica um maior aproveitamento do fruto. Corroborando com isso Amaro et al. (2014) acrescentam que as espessuras da casca e da polpa estão relacionadas com o rendimento da porção consumível do fruto e classifica como espessuras intermediárias da casca, valores entre 0,84 e 0,93 mm, os quais contribuem para o armazenamento por períodos maiores, sem prejudicar o rendimento da polpa.

Segundo Balkaya et al. (2010), frutos de abóbora que apresentam casca com espessura acima de 6 mm, ela é considerada espessa; entre 4,3 mm e 6 mm, medianamente espessa e, quando entre 2,9 mm e 4,3 mm, espessura fina.

Existe preferência por abóboras com matéria fresca de até 3 kg (RESENDE et al., 2013). Frutos de abóboras de tamanhos maiores são comercializados em pedaços ou fatias, em supermercados e feiras livres no Brasil e quando isso ocorre um outro aspecto é bem considerado pelo consumidor: a coloração da polpa, onde os frutos de polpa mais alaranjada sempre têm preferência (PRIORI et al., 2018).

Quanto a doçura, mensurada pelo teor de sólidos solúveis, Gajewski et al. (2008), afirmam que altos teores de sólidos solúveis é considerado um importante fator de qualidade em abóbora. Os autores relatam que as cultivares analisadas que tiveram maiores registros nos teores de sólidos solúveis também apresentaram também maiores teores de β -caroteno e de carotenoides totais.

Diante disso, evidencia-se a importância de se estudar e caracterizar as variedades locais como fontes para trabalhos de melhoramento genético que atendam os padrões de exigência do mercado consumidor, tanto em aspectos agronômicos quanto para as características nutricionais e de consumo.

2.5. Considerações sobre melhoramento da abóbora

O cultivo de abóboras representa um nicho potencial de comercialização, sendo uma atividade importante para o agronegócio e para a agricultura familiar. No entanto, cultivares resultantes da produção e troca de sementes realizada por agricultores, ainda são as mais

utilizadas (FERREIRA, 2008). Esses materiais apresentam diversidade quanto ao tamanho, formato, peso, coloração, dentre outros parâmetros (BLANK et al., 2013).

A família Cucurbitaceae vem sendo estudada ao longo dos anos e diferentes trabalhos de pesquisa em melhoramento genético continuam sendo desenvolvidos, contudo ainda há muito o que se progredir, em especial, dentro do gênero *Cucurbita* (BEZERRA NETO et al., 2006). De acordo com Amaro (2015), quando se trata do potencial produtivo, em especial de abóboras e morangas, é notório que a produtividade média brasileira pode ser considerada baixa devido principalmente, ao uso de sementes não melhoradas e ao nível tecnológico adotado em algumas áreas de produção, combinados com outros fatores que prejudicam a qualidade dos frutos, como a ocorrência de doenças e pragas.

Cultivares locais são uma importante fonte de genes a serem usados em programas de melhoramento genético, por serem bem adaptadas às condições edafoclimáticas de cultivo essas populações são fontes de genes de resistência a estresses, sejam bióticos ou abióticos e, possuem grande variabilidade fenotípica para as características dos frutos como produtividade, formato e teor de betacaroteno (RAMOS e QUEIROZ, 2005; HEIDEN et al., 2007; AMARO, 2015).

Os agricultores antepassados podem ser considerados os primeiros praticantes do melhoramento genético, prática passada entre as gerações e que se repete nos dias atuais, pois mesmo sem qualquer acesso a informações sobre sexo e o seu papel na reprodução das plantas adotaram uma série de ações que desencadeou o processo de domesticação de plantas, que pode ser descrito com ações práticas como coleta, armazenamento e plantio das sementes guardadas com o intuito de plantar a próxima safra (ARAÚJO e VASCONCELOS, 2007).

No entanto, o melhoramento com aplicação de métodos científicos e visando a obtenção de novos cultivares para comercialização de sementes de abóboras, tem como primeiro registro no Brasil as ações desenvolvidas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no final da década de 1950 (CARDOSO e NETO, 2009). Traçando um histórico do melhoramento genético de abóboras no Brasil, segundo os mesmos autores, após os trabalhos desenvolvidos pelo IAC, empresas privadas (Agroflora/Sakata e Agrocere), empresas de pesquisa públicas (Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária, EMGOPA e a Embrapa) e instituições de ensino como a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Universidade Federal de Lavras (UFLA) deram seqüência em atividades de pesquisa voltadas ao melhoramento genético de abóboras, além de programas de coleta e manutenção de germoplasma em diversas instituições públicas e privadas.

Ao longo dos anos diferentes cultivares de abóboras foram lançadas no mercado. Na década de 60 o IAC lançou a cultivar Caravela, abóbora com frutos alongados, sem pescoço, com casca de coloração creme e peso entre 12 e 15 kg (CARDOSO e NETO, 2009). Na década de 70, a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) produziu os híbridos ‘Lavras 1’ e ‘Lavras 2’ em parceria com a UFLA (QUEIROZ, 2004). De acordo com Cardoso e Neto (2009), ainda na década de 70 foi desenvolvida a cultivar Menina Brasileira, seleção da empresa Agroflora/Sakata, cujos frutos r podem ser consumidos imaturos ou maduros e alcançam massa de 2 a 3 kg.

No início da década de 80, a EMGOPA produziu uma cultivar de abóbora com frutos variando de 0,6 a 1,0 kg, as denominadas cultivares Goianinha e Esmeralda. (PEIXOTO et al., 1992; CARDOSO e NETO, 2009). O primeiro material com ramos mais curtas (braquíticas), cultivar Piramoita, foi resultado de esforços do programa de melhoramento da ESALQ, ainda na década de 80. Em seguida foram lançadas as cultivares Carioca e Jacarezinho, ambas com as mesmas características, apresentando frutos redondos/achatados, casca de coloração verde/creme mesclada, peso variando de 2 a 3 kg, no entanto, resultantes de seleção de empresas diferentes, a Agroflora e Agroceres, respectivamente. Por volta do final da década de 90, os híbridos começaram a ser lançados no mercado (CARDOSO e NETO, 2009).

Nos anos 2000, a Embrapa Hortaliças desenvolveu um programa de melhoramento que resultou no lançamento da cv. Brasileirinha, com frutos de coloração verde e amarela, essa cultivar foi desenvolvida com o objetivo de disponibilizar no mercado um produto tanto com potencial ornamental quanto com a presença de constituintes nutracêuticos como o beta caroteno e a luteína representando, assim, um produto com características diferenciadas em relação aos demais em comercialização. Essa cultivar foi liberada em 2006 e encontra-se disponível no mercado por diferentes empresas (BOITEUX et al., 2007; FRANÇA et al., 2007).

No entanto, mesmo considerando a existência dessas e outras variedades comerciais há necessidade de atender a uma exigência do mercado ou público consumidor voltado tanto em relação aos aspectos físicos quanto químicos-nutricionais, como também possam suprir as expectativas no âmbito da produção em campo (RAMOS et al., 1999; AMARIZ et al., 2009; BORGES et al., 2019

À vista disso, estratégias de melhoramento genético que busquem atender as demandas tanto por parte dos produtores quanto dos consumidores e, tendo em vista a vasta disponibilidade de recursos genéticos de grande valia conservado em bancos de germoplasma e com agricultores locais, torna-se cada vez mais necessário que haja uma relação estreita e

contínua entre os trabalhos realizados com melhoramento e recursos genéticos, para que novos cultivares sejam lançados e possam suprir as necessidades do mercado.

2.5.1. Estudos desenvolvidos no Brasil no gênero *Cucurbita*

Por via de regra, os principais objetivos do melhoramento genético dentro do gênero *Cucurbita* são dirigidos à obtenção de cultivares uniformes, de cavidade interna pequena, polpa com elevados teores de sólidos solúveis, coloração alaranjado intenso na polpa, com pouca ou nenhuma fibra, plantas com ramas compactas, alto rendimento e resistente às pragas e doenças, posteriormente foi acrescido também a composição nutricional, especialmente, em termos de teor de beta caroteno (RAMOS et al., 1999; RAMOS et al., 2015; AMARO, 2015).

A preferência de consumo de abóboras em território nacional dar-se por frutos com massa fresca em torno de 3kg para consumo doméstico (RESENDE et al., 2013). Esses resultados apontam que essa variável é interessante em programas de melhoramento, sobretudo, priorizar a seleção de genitores que produzam frutos menores com peso requerido pelo mercado (FERREIRA et al., 2016).

Em se tratando de estudos voltados à qualidade sensorial de frutos de abóboras, Amariz et al. (2009) identificaram que acessos oriundos do BAG da Embrapa Semiárido reuniu atributos de menor comprimento dos frutos, menor diâmetro da cavidade interna longitudinal e menor ângulo de cor da polpa, apresentando cor laranja intenso, maior teor de SS, maior AT e maior teor de carotenóides totais, sugerindo sua inclusão em programas de pré-melhoramento e melhoramento genético de cucurbitáceas

Outra característica importante comum nessa cultura é que independentemente do tipo, a maioria das cultivares de abóbora são susceptíveis ao ataque de doenças, especialmente por viroses, as quais se destacam pela dificuldade no controle (NASCIMENTO et al., 2012). Esses autores estudaram a reação fenotípica de genótipos de abóboras ao vírus da mancha anelar do mamoeiro, estirpe melancia (*Pappaya ringspot virus*, strain watermelon – PRSV-W) e identificaram que as cultivares comerciais utilizadas foram suscetíveis ao isolado de PRSV-W. Contudo, o acesso denominado ABTO#01, oriundo de agricultores locais da região, foi resistente e promissor para ser utilizado em programas de melhoramento genético visando a resistência a PRSV-W, na região do Tocantins.

No tocante ao hábito de crescimento, a abóbora é considerada uma cultura que apresenta hábito de crescimento indeterminado e longos internódios (FERREIRA et al., 2019). No entanto, sabe-se que o gene "Bush" é responsável pelo hábito de crescimento compacto nesse

gênero (ROBINSON et al., 1976). Nesse contexto ações que buscam a obtenção de cultivares compactas são objeto de estudo do melhoramento genético vegetal, visto que seria possível plantar uma maior população por área além de facilitar práticas de manejo da cultura (MAYNARD et al., 2002; FERREIRA et al., 2019).

Quanto ao aspecto nutricional, Borges et al. (2019) avaliando dez progênies resultantes do cruzamento entre plantas irmãs (SIB) de acessos de *C. moschata* pertencentes ao BAG de Cucurbitáceas para o Nordeste brasileiro, localizado na Embrapa Semiárido (Petrolina – PE), obtiveram valores de 261,69 $\mu\text{g g}^{-1}$ e 215,10 $\mu\text{g g}^{-1}$ para os teores médios totais de carotenóide e β -caroteno, respectivamente. Esses resultados podem satisfazer facilmente as exigências de vitamina A para humanos e são maiores que os relatados por Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2007) para as variedades comerciais de abóbora ‘Menina brasileira’ para a mesma característica.

É imprescindível ampliar os programas de melhoramento com o objetivo de obtenção de cultivares produtivas, com resistência às principais doenças da cultura e com melhor qualidade nutricional, são necessárias ações de pesquisa com ênfase no melhoramento genético de abóboras e morangas, visando à seleção de genótipos uniformes e estáveis para diferentes regiões, com alta produção, com alto teor de betacaroteno e com resistência às principais pragas (AMARO, 2015).

2.5.2. Métodos de melhoramento

O melhoramento de plantas pode ser definido de forma clássica como “a ciência e a arte de modificar as plantas para o benefício humano” (BORÉM, 1997; BERNARDO, 2002). Borém (1997) afirma, ainda, que o melhoramento de plantas reúne todas as técnicas, métodos, estratégias ou recursos que sejam utilizados para que algum progresso seja incorporado a uma espécie vegetal e, esse progresso tem estreita relação com o ambiente em que esta espécie será cultivada.

O método de seleção de indivíduos que serão usados no programa de melhoramento é uma etapa crucial para o alcance de resultados satisfatórios. Cardoso et al. (2011), destacam que a seleção massal simples apresenta possibilidade de avaliação de um grande número de plantas, custo reduzido, rápida e fácil aplicação. Esse método de seleção consiste na escolha das plantas identificadas como promissoras, de acordo com a característica de interesse e, na etapa da colheita dos frutos, das plantas consideradas promissoras são retiradas suas sementes para que possam ser armazenadas e usadas no plantio da próxima geração. No entanto, sua

eficiência depende da existência de variação genética e de reduzida variabilidade ambiental (PATERNIANI, 1978).

No Brasil, as primeiras cultivares de abóbora lançadas foram desenvolvidas pelo método da seleção fenotípica dentro das populações de variedades crioulas produzidas em algumas regiões do território nacional, especialmente no estado de São Paulo, e durante o progresso das populações identificava-se os genótipos mais promissores (MENDONÇA, 1964). De acordo com Cardoso e Neto (2009), o método da seleção massal não é um método de uso frequente entre os melhoristas do gênero *Cucurbita*, no entanto, quando a proposta da seleção inclui a participação dos agricultores, torna-se o método de melhoramento mais recomendado.

Cardoso (2007), fazendo uma análise comparativa entre dois métodos de melhoramento para abobrinha, cultivar 'Piramoita', concluiu que tanto a seleção recorrente como o SSD foram métodos eficientes na obtenção de populações superiores à população inicial. Segundo ROBINSON (1999), o método "Single Seed Descent", SSD, em cucurbitáceas tem sido pouco utilizado. ALLARD (1971), descreve que esse método permite a obtenção de linhagens rapidamente, sem a perda de alelos por seleção, pois a variabilidade original é mantida até o nível de linhagens.

A seleção recorrente é o método mais indicado para obtenção de ganhos quando a característica alvo de seleção é de herança quantitativa, possibilitando resultados que a população gerada seja superior à original, tanto em média como no desempenho dos melhores indivíduos (FEHR, 1987). O desempenho das populações nesse método é aprimorado ao longo das gerações devido ao aumento das frequências dos alelos favoráveis dos caracteres sob seleção, é um método utilizado para programas de melhoramento traçados em médio e longo prazos (SOUZA JÚNIOR, 2001).

A introdução de novos acessos tem sido uma boa alternativa para a expansão da produção de Cucurbitas no Brasil. O material introduzido é avaliado de acordo com as características de interesse e além do uso imediato, a introdução desses materiais constitui uma importante fonte de genes para o estabelecimento de programas de melhoramento, sendo as melhores introduções usadas na obtenção de novos cultivares (CARDOSO e NETO, 2009).

Embora seja uma hortaliça de expressão no mercado nacional, cultivares crioulas, mantidas por pequenos agricultores, ainda são as mais utilizadas (FERREIRA, 2008). Esse padrão de cultivo reflete de forma direta na produtividade da cultura e nas características dos frutos obtidos. Diante disso, e frente aos avanços no estudo de técnicas de melhoramento, se faz apropriado a adoção do método mais conveniente para que os recursos genéticos disponíveis sejam utilizados de forma potencial em programa de melhoramento e novas cultivares sejam

lançadas com características superiores as que já se encontram disponíveis para comercialização.

2.5.3. *Melhoramento participativo*

Machado e Machado (2003) definem o melhoramento genético participativo como um componente do manejo da diversidade genética que inclui de forma sistemática o conhecimento prático, habilidades e experiências dos agricultores. Tem como principal objetivo aliar o conhecimento do agricultor no manejo e qualidade do produto ao conhecimento do melhorista nas técnicas de seleção e assim realizar um processo coletivo onde ambas formas de conhecimento são valorizadas (CARDOSO et al., 2011).

A concepção do melhoramento participativo pode ser considerada uma estratégia para melhor atender os objetivos do agricultor familiar, visto que o melhoramento convencional o foco principal é o monocultivo em grandes áreas de culturas de importância econômica, além do alto controle das condições ambientais nos locais de cultivo, realidade bem diferente da vivenciada pelos agricultores familiares (FONSECA, 2014).

Uma outra visão apresentada por Machado (2014), destaca o início do melhoramento participativo como ferramenta para reduzir os problemas gerados pelo melhoramento convencional, a exemplo do uso excessivo de agroquímicos, o autor caracteriza o melhoramento participativo como um método que respeita o meio ambiente e o aspecto social da comunidade, além do incremento na produtividade das sementes.

É válido ressaltar que o sistema de cultivo que os agricultores familiares desenvolvem é caracterizado pelo cultivo agroecológico e diversificado na sua grande maioria, menores extensão de áreas, sem condições controladas, com baixo uso de insumos externos e químicos e, muitas vezes, usam o sistema de cultivo de sequeiro, totalmente dependente das condições ambientais locais (FONSECA, 2014).

De acordo com Almekinders e Elings (2001), o melhoramento participativo busca desenvolver ainda mais a capacidade dos produtores na seleção dos frutos, bem como sensibilizá-los quanto a importância do intercâmbio das sementes visando ampliar a diversidade genética do material trabalhado, ao invés de tentar gerar variedades geneticamente uniformes, como no melhoramento convencional, a proposta do melhoramento participativo é manter nos campos dos produtores grande número de materiais, com ampla diversidade genética.

Um gargalo muito comum na prática agrícola é a baixa produtividade das culturas sob condições de estresse, Fonseca (2014), explica que esse problema é frequente ainda porque tanto os objetivos quanto os critérios de seleção no melhoramento convencional são distintos dos fatores considerados essenciais na agricultura familiar, tais como a estabilidade produtiva frente às variações possíveis em ambientes sob estresse biótico e abiótico, as práticas de manejo no sistema da agricultura familiar, as preferências culturais da comunidade, bem como os usos dado aos subprodutos.

Especialistas enxergam no melhoramento participativo uma estratégia de alcance para que esse problema possa ser solucionado, principalmente se projetos locais se aliarem aos esforços de melhoramento genético com melhorias no manejo das propriedades (MACHADO e MACHADO, 2003). Esses autores compreendem que a exploração e o uso da variação genética representa uma oportunidade de lidar com as variações e limitações ambientais e assim, reduzir os riscos que a produção agrícola é exposta, representados não só pelos fatores adversos de clima e solo como também os relativos ao ataque de pragas e doenças, contribuindo para a estabilidade da produção.

Os objetivos do melhoramento participativo, em partes coincidem com os objetivos do melhoramento convencional, a exemplo do ganho de produtividade (MACHADO, 2014). No entanto, o mesmo autor destaca como principais objetivos do melhoramento participativo: conservação e promoção do aumento da biodiversidade, obtenção e uso de germoplasma de adaptação local, seleção dentro de populações, avaliação experimental de variedades, lançamento e divulgação de novas variedades, diversificação do sistema produtivo e produção de sementes.

É relevante destacar o papel do agricultor frente ao progresso em programas de melhoramento, em especial, dentro do gênero *Cucurbita* onde a literatura enfatiza o predomínio do uso de cultivares tradicionais da espécie. Assim sendo, o melhoramento participativo além de despertar o interesse em novos focos para o melhoramento de espécies e contribuir de forma direta para a preservação do meio ambiente, gera também maior emprego e renda nas comunidades locais e tradicionais através de uma melhor exploração dos recursos disponíveis e conseqüentemente fortalece as comunidades de agricultores familiares.

2.5.4. *Melhoramento visando características nutricionais*

Os componentes da produção comercial, como rendimento, resistência a pragas e doenças, uniformidade, durabilidade pós-colheita e aparência são as características que mais

despertam a atenção dos melhoristas associada, também com fatores de preferência do consumidor, tais como sabor e aparência. Contudo, a saúde do consumidor a longo prazo também depende da fonte de consumo de nutrientes. Isso significa que o conteúdo de vitaminas e outros compostos nutricionais em vegetais são muitas vezes grandes objetivos do melhoramento genético de plantas (FONSECA et al., 2009).

A população brasileira, em especial na região Nordeste, tem o hábito de consumir abóboras. No entanto, essa mesma região apresenta alta incidência de hipovitaminose A e paralela à essa situação, encontra-se um sistema agrícola em expansão com frutos de abóboras ricos em carotenoides constituindo, assim, materiais promissores para seleção de acessos com altos teores de pró-vitamina A (SOUZA et al., 2012).

Lopes et al. (2008) afirmam que existe um aproveitamento abaixo do esperado em relação ao potencial nutritivo dos alimentos. Tendo em vista que a população está cada vez mais sensível e atenta a qualidade dos alimentos ingeridos, estratégias de melhoramento que visem o enriquecimento nutricional de culturas são cada vez mais necessárias.

As abóboras representam uma importante fonte de nutrientes como fibras, proteínas, cálcio, ferro, magnésio, vitaminas e carotenoides (USDA, 2015). De acordo com Jacobo-Valenzuela et al. (2011), em abóboras é possível verificar a presença de compostos fenólicos, ácido ascórbico e majoritariamente, carotenoides. Desse modo, pode-se considerar uma espécie com características consideráveis a ser explorada em programas de melhoramento que visem o enriquecimento nutricional, especialmente, quanto ao conteúdo de carotenoides.

Estudos de herança da pigmentação dos frutos em *Cucurbita moschata* relataram que um gene dominante que controla a cor intensa da casca do fruto também resulta em um tom esverdeado ou acastanhado na polpa, a qual é uma característica comercialmente indesejável. Os padrões de segregação foram consistentes com um único modelo dominante controlando o fenótipo de cor imatura manchada de frutos (FONSECA et al., 2009).

Vários genes estão presentes na biossíntese de carotenoides em abóboras. Abbas et al. (2020), identificaram doze genes envolvidos na rota da biossíntese de carotenoides em *Cucurbita moschata*, são eles: PSY, ZDS, PDS, CRTISO, LCYE, BOH, VDE, EOH, LUT1, LCYB, ZEP e CCD. Esses autores discorrem que os genes PSY, ZDS, PDS, CRTISO tiveram maior expressão em todas as etapas de desenvolvimento da cultura. Além disso, relatam que a expressão do gene LCYE está envolvido na síntese de luteína, enquanto que os genes BOH e VDE representam a síntese de zeaxantina na abóbora.

Fonseca et al. (2009), empregaram o design dialelo-completo em *C. moschata* para estimar coeficientes de variação genotípicos, fenotípicos e herdabilidade e os resultados

indicaram herdabilidade muito alta (99%) e avanço genético rápido para o conteúdo de beta-caroteno. Além disso, foi observada uma correlação positiva entre o teor de sólidos solúveis e beta-caroteno.

Amariz et al. (2009) relatam que além de apresentar qualidade comercial, o material vegetal deve contribuir de forma direta e efetiva na qualidade de vida dos consumidores, por do fornecimento de nutrientes, vitaminas e outros compostos essenciais à alimentação e à saúde.

Diante disso, estudos voltados ao melhoramento genético de abóbora visando o enriquecimento nutricional é cada vez mais salutar, visto que a recomendação de materiais com melhores características produtivas, comerciais e nutricionais, pode valorizar a exploração econômica da cultura e, conseqüentemente, reduzir carências nutricionais e doenças associadas em seres humanos. Além disso, na região Nordeste brasileira predomina o uso das variedades locais que em sua grande maioria, não são exploradas de forma potencial e assim, os genótipos utilizados não expressam o conteúdo potencial da espécie (BORGES, 2017).

2.5.5. Fatores genéticos, químicos e fisiológicos envolvidos na síntese de carotenoides em abóbora

Os organismos vegetais sofrem alterações metabólicas durante todas as etapas que compreendem seu crescimento e, também durante seu manejo pós-colheita. A natureza e o impactos de tais alterações têm sido estudada ao longo dos anos, onde é notoriamente descrita mudanças significativas nos níveis de metabólitos secundários induzidas por diferentes fatores bióticos e abióticos, especialmente em carotenoides, quando submetidos a distintas condições ambientais e práticas de manejo (PERRIN et al., 2016).

Iorizzo et al., (2016) afirmam que o conteúdo dos carotenóides diferem significativamente entre as espécies e dentro das espécies. A biossíntese de carotenóides é regulada ao longo do ciclo de desenvolvimento dos vegetais que sintetizam este pigmento, desde a germinação das sementes até a sua maturação. Corroborando com essa informação, Jacobo-Valenzuela et al. (2011) afirmam que estes pigmentos podem ser encontrados de forma majoritária em algumas cultivares, e minoritariamente em outras, e o conteúdo pode sofrer interferência de fatores genéticos, ambientais, dentre outros.

A coloração da polpa de abóbora é atribuível à sua composição e conteúdo de carotenoides. Murkovic et al. (2002) identificaram que variedades de abóboras com alto teor de carotenos têm uma aparência alaranjada enquanto variedades com alto teor de luteína e um baixo teor de caroteno apresentam uma cor amarela brilhante. Outro ponto relevante ao acúmulo

de carotenoides em abóbora diz respeito ao estágio de maturação do fruto. Abbas et al. (2020) registraram teores máximos de luteína aos 40 dias de desenvolvimento dos frutos, enquanto o conteúdo de α -caroteno e β -caroteno foram máximos aos 50 dias de desenvolvimento dos frutos.

Saine e Keum (2018),elencam uma série de fatores que afetam substancialmente o conteúdo de carotenoides, dividindo-os em fatores pré-colheita como: a estrutura genética da cultivar e espécies; pH (salinidade do solo); práticas agronômicas; condições climáticas, dentre outros fatores. A arquitetura genética é um fator fundamental no controle da variação na composição e conteúdo de carotenoides em diferentes espécies vegetais (KANDIANIS et al. 2013). Vários Locus de Características Quantitativas (QTL) foram identificados como responsáveis pela variação do conteúdo de carotenóides entre diferentes espécies, a exemplo: melão (ZHANG e DUBCOVSKY, 2008), milho (HAREL-BEJA et al., 2010) e muitas outras populações de plantas. Ações de melhoramento genético da abóbora que abranjam o uso dos recursos genéticos locais como estratégias para a melhoria da qualidade alimentar são potencialmente úteis (FAUSTINO, 2017).

A regulação genética da biossíntese de carotenoides na melancia tem sido extensivamente estudada em relação ao desenvolvimento de diferentes cores da polpa da fruta (BANG et al., 2010). A coloração da polpa da melancia é atribuível à sua composição e conteúdo de carotenoides, os modelos genéticos de herança da cor da polpa de melancia propostos na literatura sugerem que vários genes estão envolvidos na determinação dessa característica (POOLE, 1944; HENDERSON et al., 1998; GUSMINI e WEHNER, 2006).

Em estudo intitulado “Herança da cor da polpa e interações genéticas entre melancia amarela, amarela pálida e vermelha”, Bang et al., 2010 demonstraram que um único gene determina a polpa amarela canário ou vermelha na melancia e associou o gene C na melancia a enzima LCYB na via carotenóide. Elucidando uma nova cor de polpa distinta (amarelo pálido) que provavelmente foi classificada erroneamente no passado como polpa branca, e propôs que um único gene recessivo py opera na presença de um alelo dominante C, resultando no fenótipo amarelo pálido.

Abbas et al., (2020) sequenciaram o transcriptoma de frutos de *C. moschata* em diferentes estágios de desenvolvimento com o intuito de explorar a expressão de genes-chave envolvidos nos processos metabólicos que afetam a qualidade do fruto. Identificaram que os dois germoplasmas mostraram diferenças nas características essenciais da qualidade do fruto, como porcentagem de peso seco, sólidos solúveis, ácidos orgânicos, carotenóides e teor de açúcar. Na via de biossíntese de carotenoides, esses mesmos autores detectaram que quatro

genes (PSY, ZDS, PDS e CRTISO) tem maior expressão em todos os estágios de maturação dos frutos. No entanto, vários outros genes estão envolvidos na biossíntese de carotenoides.

Obrero et al. (2013), discorrem sobre o papel da regulação transcricional de nove genes envolvidos na via de biossíntese de carotenóides em três variedades de *Cucurbita pepo* com diferenças evidentes na cor dos frutos em que os níveis transcricionais dos principais genes envolvidos na biossíntese de carotenóides foram maiores nos tecidos das flores, folhas e frutos do que nos tecidos da polpa. Isso se correlacionou com maior concentração de conteúdo de carotenóides nesses tecidos.

A concentração de sais no solo, atua a nível bioquímico celular e interfere na fisiologia do desenvolvimento da planta, influenciando diretamente o conteúdo de carotenoides nos vegetais. A natureza do efeito da salinidade atua de forma semelhante ao estresse hídrico, ambas modulam a absorção eficiente da água no sistema solo-planta. As consequências da salinidade do solo no acúmulo de carotenoides são extremamente multifacetados e são atribuídos diretamente ao processo fotossintético quando da abertura e fechamento estomático (SAINI e KEUM, 2018).

Dentre as práticas agronômicas, tem sido relatado que a aplicação de alguns reguladores de crescimento de plantas e fertilizantes como K, N e Mg regulam benéficamente a via biossíntese de carotenóides em plantas cultivadas, incluindo alface, trigo, melão dentre outras culturas (SAINI et al., 2015). Altos níveis de potássio, estão envolvidos na síntese de proteínas e na atividade de enzimas, as quais participam da formação de acetoacetyl-CoA, molécula envolvida na biossíntese de isopentenil difosfato (IPP), um precursor dos carotenoides na via do ácido mevalônico (ROUPHAEL et al., 2010)

Quanto as condições climáticas, Perrin et al. (2016) pesquisaram o impacto de fatores ambientais nas variações do acúmulo de carotenoides em folhas e raízes de cenoura cultivadas durante dois períodos diferentes de temperatura, em torno de 18,4 ° C e o segundo período com temperatura mais amena, em torno de 14,6 ° C. Esses autores perceberam que os teores de carotenoides foram de 20 a 50% menor quando submetidos as condições de crescimento em temperaturas mais baixas, sugerindo uma mecanismo regulador na biossíntese de carotenoides.

2.6. *Parâmetros genéticos no melhoramento da abóbora*

Ao traçar um programa de melhoramento genético é necessário o conhecimento do potencial do material a ser trabalhado, desse modo a estimativa de parâmetros genéticos são de

fundamental importância visto que fornecem informações sobre herdabilidade, variâncias genótípicas, fenotípicas, dentre outros parâmetros recomendados para prever a variação genética da população e identificar genótipos promissores que contribuem para a promoção da continuidade dos ciclos e a eficiência dos métodos, maximizando os ganhos com a seleção . (DUDLEY e MOLL, 1969; HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1981; CRUZ e REGAZZI, 2004; BELLO et al., 2012).

A eficiência do melhoramento depende do conhecimento do controle genético dos caracteres a serem melhorados (BASSO et al., 2009). A variabilidade observada para um determinado caráter nem sempre é transmitida de geração para geração, evidenciando que o efeito do ambiente é a principal causa de variação (REDIG, 2007). Logo, nos trabalhos de melhoramento genético é importante estimar os parâmetros genéticos, pois fornece informação sobre o grau em que um caráter pode ser transmitido em sucessivas gerações da espécie melhorada (BELLO et al., 2012).

Em pesquisa com objetivo de obter informações sobre os parâmetros genéticos, dissimilaridade em 55 acessos de do Banco de Germoplasma de Hortaliças - UFV e três cultivares comerciais como testemunhas (híbrido Tetsukabuto e as variedades Jacarezinho e Butternut), Ferreira et al. (2016), verificaram variabilidade genética entre os acessos, com predominância dos efeitos genéticos sobre os ambientais, sendo esperados maiores ganhos de seleção para as características massa por fruto, aspecto fitossanitário e localização do nó da primeira flor masculina

Borges et al. (2019), em estudando parâmetros genéticos e de seleção em progênies de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) para características morfo-agronômicas e qualidade da polpa identificaram que, o uso de progênies selecionadas através de parâmetros genéticos cria boas perspectivas para o desenvolvimento de linhas com características nutricionais e produtivas superiores.

Tais informações são essenciais no desenvolvimento de programas de melhoramento genético, as quais subsidiam trabalhos que envolvem o lançamento de novas variedades que atendam às exigências do mercado consumidor tanto quanto aos aspectos agronômicos quanto nutricionais.

2.6.1. Variância

A variação fenotípica encontrada em uma determinada espécie pode ser tanto devido ao ambiente quanto devido a diferenças genéticas. A existência de variação genética é fator fundamental dentro do melhoramento de plantas, então é importante quantificar a proporção da variação fenotípica que corresponde ao ambiente e a variação correspondente ao genótipo, para estimar com melhor precisão a resposta dos genótipos (BESPALHOK FILHO et al., 2009).

De acordo com Falconer (1987), a genética de um caráter métrico se centraliza em torno do estudo de sua variação. Segundo o mesmo autor, o estudo da variação visa o parcelamento em componentes atribuídos a diferentes causas. De acordo com Besspalhok Filho et al. (2009) a variância fenotípica pode ser dividida para se estimar a proporção da variação que corresponde aos fatores genéticos e a proporção da variação devido aos fatores ambientais dividida em componentes observacionais de variância genética e ambiental. A variância ambiental inclui, por definição, toda a variância não genética e grande parte dela está fora do controle experimental (FALCONER, 1987).

A variância genética pode ser desdobrada em variância genética aditiva, de dominância e da interação “variância genética aditiva x variância genética de dominância” (BESPALHOK FILHO et al., 2009). Raposo e Ramalho (2004), relatam que o conhecimento das estimativas dos componentes da variância genética é de fundamental importância no trabalho dos melhoristas, visto que essa informação permite a estes a utilização de estratégias apropriadas para se obter sucesso nos programas de melhoramento.

No entanto, Robinson et al. (1955), afirmam que a estimativa de variância genética aditiva é suficiente para indicar que a seleção é eficaz na melhoria do rendimento, tanto para uma única planta ou entre progênies. A variância aditiva é o componente que se transmite à sua descendência, é aquela que expressa a principal causa de semelhança herdável que determina as características genéticas da população, além de ser a única componente que pode ser estimada pelas observações feitas na população (FALCONER, 1987; ROBINSON et al., 1955).

Sultana et al. (2015), estimaram os parâmetros genéticos em 21 genótipos de *C. Moschata* para 13 variáveis relacionadas à planta, flores e frutos e, registraram valores de variância genotípica variando de 2,62 a 57,87. Os autores relataram que a variância fenotípica e o coeficiente de variação fenotípica foram superiores a variância e coeficiente de variação genotípica para todas as variáveis analisadas, demonstrando a presença de influência ambiental.

2.6.2. Herdabilidade

A herdabilidade é a proporção de variância genética sobre a variância fenotípica total, ou seja, a proporção herdável da variabilidade total, esta proporção herdável é alterada pelo efeito do ambiente (FALCONER e MACKAY, 1996; BESPALHOK FILHO et al., 2009). É um parâmetro que permite antever a possibilidade de sucesso com a seleção, uma vez que reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, isto é, informa que parte da variação da população em um fenótipo pode ser atribuída à variação no genótipo, possibilitando estimativas como o ganho genético esperado com a seleção (ALLARD, 1999; HALLAUER et al., 2010).

Esse parâmetro pode ainda ser dividido em dois tipos: herdabilidade no sentido amplo, que corresponde a razão entre a variância genética total e a variância fenotípica e, herdabilidade no sentido restrito, a qual considera apenas a variância genética aditiva fixada pela seleção, é a proporção da variabilidade observada ocasionada somente por efeitos aditivos dos genes (CARVALHO et al., 2001). A herdabilidade no sentido restrito é a de maior interesse para o melhorista, uma vez que considera somente a aditividade, que é a porção herdável da variância genética, o que pode ser passado de geração a geração por seleção (JUNG et al., 2008).

A seleção é mais efetiva quando age sobre caracteres de alta herdabilidade e que tenham alguma associação com caráter de importância econômica (ASSIS et al., 2010). Blank et al. (2013) estimaram parâmetros genéticos, fenotípicos e ambientais para caracteres morfológicos e agronômicos em abóbora, obtiveram valores de herdabilidade acima de 90% para as variáveis associadas ao fruto as variáveis.

Borges et al. (2019), obtiveram valores de herdabilidade superior a 30% em 13 das 17 variáveis analisadas, indicando sucesso na seleção, nesse trabalho foram avaliadas acessos procedentes do BAG de Cucurbitáceas da Embrapa Semiárido com o objetivo de estimar e prever os ganhos em abóbora, bem como selecionar indivíduos por características morfoagronômicas e de qualidade da polpa.

2.6.3. *Ganho genético*

O ganho genético para uma determinada característica é o parâmetro que exprime o avanço da geração seguinte em relação a população original, decorrente da seleção efetuada (IPEF, 1976). Na grande maioria dos casos, as características sob alvo de seleção dos melhoristas são herança quantitativa, as quais possuem um controle poligênico (TOLEDO, 2014). Desse modo, é eventualmente impossível agregar em um único ciclo de seleção todos os alelos favoráveis um dado genótipo (RAMALHO et al., 2012). A mudança da média

fenotípica é uma maneira de observar o acúmulo desses alelos favoráveis ao longo dos ciclos de seleção (FALCONER e MACKAY, 1996).

2.6.4. *Correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais*

De forma geral, obter cultivares superiores para um conjunto de caracteres constitui-se como finalidade em programas de melhoramento genético (FERREIRA et al., 2003). Dessa forma, o conhecimento da natureza e magnitude das correlações entre os caracteres de interesse é uma ferramenta importante dentro dos programas de melhoramento, pois, ao medir o grau de associação entre variáveis, é possível avaliar o quanto uma variável pode influenciar as demais (CRUZ et al., 2012).

De acordo com Ferreira et al. (2003), as relações existentes entre os caracteres são, em geral, avaliadas por meio das correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente. Onde, a correlação fenotípica é resultante de causas genéticas e ambientais, Falconer (1981) relata que quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais, o ambiente torna-se causa de correlação. No entanto, apenas a correlação genotípica é utilizada para orientar programas de melhoramento, pois corresponde à porção genética da correlação fenotípica, a única de natureza herdável (FERREIRA et al., 2003).

Valores de correlação positivos indicam que os caracteres correlacionados são favorecidos ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais, enquanto que valores negativos indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro (GOLDENBERG, 1968; FALCONER, 1987; CARVALHO, 2004). Estudos sobre correlações permitem a obtenção de uma série de informações relevantes para o avanço das pesquisas dentro da área de melhoramento genético como a identificação da proporção da correlação fenotípica que é devida a causas genéticas; verificar se a seleção em um caráter afeta outro; quantificar ganhos indiretos devido à seleção efetuada em caracteres correlacionados e; avaliar a complexidade dos caracteres. Em casos que dois caracteres estejam correlacionados, é possível obter ganho em um deles por meio da seleção indireta do outro (CRUZ et al., 1988; VENCOVSKY e BARRIGA, 1992; FERREIRA et al., 2003).

Freitas et al. (2015) afirmam que, em estudo visando estimar os coeficientes de correlação fenotípico, genotípico e ambiental entre caracteres vegetativos e reprodutivos de híbridos experimentais de abóbora obtiveram resultados com alta correlação genotípica positiva, significativa e de alta magnitude entre as características peso dos frutos comerciais x produção total (0,72) e total de frutos comerciais x comprimento do fruto (0,91). Os autores

afirmam ainda que os coeficientes de correlação genotípicos estimados foram de maior magnitude em relação aos fenotípicos para os caracteres analisados, indicando que fatores genéticos têm maior influência na determinação destas correlações que os fatores ambientais.

Ferreira et al. (2016), avaliando 55 acessos de abóbora procedentes do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH/UFV) e três cultivares comerciais como testemunhas, híbrido Tetsukabuto (Agristar) e as variedades Jacarezinho (ISLA Sementes) e Butternut (ISLA Sementes) obtiveram altas estimativas de correlações genéticas entre o número de ramificações da gavinha e número de ramas (0,91), os autores reportam que o maior número de ramas em plantas de abóbora é indesejável, por dificultar o adensamento das plantas, enquanto que o maior número de ramificações da gavinha é desejável, visto que permite a maior fixação das ramas, e conseqüentemente, menores danos provocados pela ação antrópica ou dos ventos.

Contudo, esses mesmos autores registraram ainda estimativas negativas de correlação entre o aspecto fitossanitário com o hábito de crescimento, comprimento e taxa de crescimento da rama principal indicam que plantas compactas podem ter maiores problemas fitossanitários (FERREIRA et al., 2016). Desse modo, é válido salientar que a estimativa das correlações é uma ferramenta importante nos programas de melhoramento, em especial, quando se deseja lançar novas cultivares no mercado para conhecer as associações existentes entre as características correlacionadas, como afirmou Vencovsky (1978), o aprimoramento de determinada população ou variedade é direcionado para um conjunto de caracteres simultaneamente.

2.7. *Programa de melhoramento genético da abóbora no âmbito do Programa de Biofortificação de Alimentos da Embrapa*

Em virtude da maior preocupação diante do cenário global de desnutrição e crescimento populacional, estudos voltados para a área de biofortificação de alimentos foram iniciados buscando melhorar a qualidade dos produtos alimentares obtidos da lavoura agrícola por meio de procedimentos como o melhoramento convencional ou via uso da biotecnologia (BOUIS, 2003). No Brasil, as pesquisas referentes ao tema Biofortificação iniciaram-se no ano de 2003, a partir de uma parceria estabelecida entre o programa HarvestPlus e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (MANOS e WILKINSON, 2016).

O programa HarvestPlus é um consórcio de pesquisa que atua na América Latina, África e Ásia, países como a Colômbia, Peru, Nicarágua, Índia, Bangladesh, Paquistão, Moçambique, Uganda e República Democrática do Congo também executam projetos similares de

biofortificação de alimentos segundo suas peculiaridades e demandas. O conjunto de projetos responsáveis pela biofortificação no Brasil constituem a Rede BioFORT cujas atividades de pesquisa estão ligadas as culturas do arroz, feijão, batata-doce, mandioca, milho, feijão-caupi, trigo e abóbora. Os projetos têm por objetivo principal, entre outros, diminuir a desnutrição e garantir maior segurança alimentar por meio do aumento dos teores de ferro, zinco e vitamina A na dieta da população mais carente, (BIOFORT, 2017).

A introdução de produtos agrícolas biofortificados é uma ferramenta que complementa as intervenções de nutrição existentes e busca suprir as deficiências nutricionais que acometem, em especial, as populações com limitado acesso aos sistemas de mercado e saúde. Nesse programa são desenvolvidas variedades nutricionalmente melhoradas, as quais apresentam o potencial de fornecer benefícios contínuos tanto para o produtor quanto para o consumidor a um custo inferior ao da suplementação da fortificação pós-colheita (CARVALHO e NUTTI, 2012).

Em decorrência do seu potencial precursor de Vitamina A, a abóbora foi inserida na rede de Biofortificação, em 2007, e teve as ações coordenadas pela Embrapa Tabuleiros Costeiros, em parceria com a Embrapa Agroindústria de Alimentos, Embrapa Semiárido, dentre outras instituições, com o objetivo geral de identificar, selecionar e avaliar acessos locais de abóbora para boas características agronômicas e alto teor de carotenoides pró-vitamínicos A. De forma específica, busca-se o estabelecimento do programa de melhoramento genético convencional da abóbora, objetivando combinar elevados teores de carotenóides pró-vitamínicos A e boas características agronômicas e comerciais (RAMOS, 2011).

2.8. Divergência genética

O potencial dos acessos para o melhoramento é uma informação imprescindível para o sucesso no trabalho dos melhoristas. Dessa forma, a etapa de caracterização e avaliação do germoplasma são procedimentos indispensáveis para que seja possível o conhecimento da variabilidade genética existente nos acessos e assim, contribuir para a identificação de genótipos promissores (BORGES et al., 2011).

De acordo com Cruz et al. (2012), concluída a etapa de caracterização e avaliação de acessos, o melhorista tem a acesso a informações acerca do desempenho agrônômico dos possíveis genitores, de parâmetros genéticos e da variabilidade genética entre os acessos. Logo, o conhecimento dessas informações subsidia os melhoristas na escolha das melhores estratégias para futuros programas de melhoramento (AZEVEDO et al., 2012).

Tendo em vista a necessidade de se efetuar avaliações mais precisas na área de melhoramento e recursos genéticos, torna-se importante o estudo da divergência genética (RAMOS et al., 2000). A determinação da divergência genética, utilizando de recursos da análise multivariada, a qual permite que diversos caracteres avaliados sejam utilizados simultaneamente, pode evidenciar vantagens como a identificação de fontes de variabilidade genética, bem como a importância de cada caráter avaliado em relação à divergência genética, além de permitir aos melhoristas conhecer as combinações com maiores chances de sucesso (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Essa divergência pode ser avaliada a partir de características agronômicas, morfológicas, moleculares, entre outras. As informações múltiplas de cada genótipo são expressas em medidas de dissimilaridade, que representam a diversidade existente no conjunto de acessos estudados (SALVADOR et al., 2012). De acordo com Rotili et al. (2015), os métodos de análise de divergência quando adequadamente explorados, podem acelerar o progresso genético para determinados caracteres e ser útil na formação de novas populações.

Entretanto, quando o programa de melhoramento genético se encontra em estágio avançado, os resultados da análise de divergência pode atuar na definição e escolha de genótipos superiores, tanto para proporcionar a separação e seleção dentro e entre grupos com diferenças entre os caracteres avaliados de interesse quanto para evitar o cruzamento entre genótipos semelhantes (DU et al. 2011; ROTILI et al., 2015).

A técnicas biométricas são os recursos usados para avaliar a divergência genética e normalmente pode-se mencionar as análises dialélicas entre os métodos quantitativos e as técnicas multivariadas entre os métodos preditivos (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1981; MIRANDA et al., 1988; PEREIRA, 1989; CRUZ et al., 1994; CRUZ e REGAZZI, 1994; RAMOS et al., 2000). Dentre os métodos aplicados para estudo da divergência genética, destacam-se a análise de componentes principais, análise de agrupamentos e a análise por meio de variáveis canônicas (CRUZ e REGAZZI, 1994). Segundo Ramos et al. (2000), estas técnicas permitem uma representação dos indivíduos das diferentes populações em espaços multidimensionais, onde as dimensões correspondem ao número de características medidas. A proximidade ou a distância dos indivíduos nesse espaço irá indicar o quanto os mesmos são similares geneticamente (CAMPBELL e ATCHLEY, 1981).

Dentre os métodos de agrupamento, o método da ligação média entre grupos (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages* - UPGMA) tem sido comumente utilizado em estudos de diversidade genética, apresentando como principal vantagem dentre os demais métodos, o fato de considerar médias aritméticas das medidas de dissimilaridade, o que

evita caracterizar a dissimilaridade por valores extremos entre os indivíduos considerados (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Borges et al. (2019), estimaram a divergência genética em genótipos de abóbora para descritores qualitativos e quantitativos associados ao fruto em 12 genótipos de abóbora, sendo 11 progênies provenientes de acessos pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas (BGC) para o Nordeste brasileiro, localizado na Embrapa Semiárido, selecionado quanto a caracteres agronômicos e de qualidade dos frutos, incluindo os teores de carotenoides totais e de β -caroteno, e a cultivar comercial Jacarezinho. Esses autores obtiveram como resultados a formação de três grupos contrastantes com similaridades de 64,38%, 57,85% e 59,76%, pelo método de agrupamento UPGMA dos dados qualitativos, observaram a influência do descritor associado ao formato do fruto na formação dos grupos. Na análise por UPGMA dos dados quantitativos, ocorreu a formação de três grupos distintos com 80,88%, 84,43% e 79,99% de similaridade, sendo a cultivar Jacarezinho 100% divergente em relação aos demais genótipos. Os autores concluíram que existe grande similaridade entre quatro progênies avaliadas (*C. moschata* 1, *C. moschata* 3, *C. moschata* 4 e *C. moschata* 8).

REFERÊNCIAS

- ABBAS, H.M.K., HUANG, H., WANG, A; WU, T.; XUE, S.; AHMAD, A.; XIE, D.; LI, J.; ZHONG, Y. Análise metabólica e transcriptômica de dois germoplasmas de *Cucurbita moschata* ao longo do desenvolvimento do fruto. *BMC Genomics* v.21, p.365. 2020.
- ALMEIDA, A.H.B; PEDROSA, J.F.; NOGUEIRA, I.C.C.; NEGREIROS, M.Z. Avaliação de cultivares e híbridos de *Cucurbita maxima* Duch. e *Cucurbita moschata* Duch. na microrregião salina do Rio Grande do Norte. *Caatinga*, v. 8, p.45-48. 1994.
- AMARIZ, A.; LIMA, M.A.C.; BORGES, R.M.E.; BELÉM, S.F.; PASSOS, M.C.L.M.S.; TRINDADE, D.C.G. da; RIBEIRO, T.P. Caracterização da qualidade comercial e teor de carotenóides em acessos de abóbora. *Horticultura Brasileira*. v.27, p.541-547. 2009.
- AMARO, G. B. Melhoramento de abóboras e morangas com ênfase na produtividade e na qualidade de frutos para diferentes regiões brasileiras (2015). Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/38458/melhoramento-de-aboboras-e-morangas-com-ênfase-na-produtividade-e-na-qualidade-de-frutos-para-diferentes-regioes-brasileiras>>. Acesso em: JUL/2020.
- 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, p.1916- 1923. 2014.
- ARAÚJO, M. R. A.; VASCONCELOS, H. E. Melhoramento genético participativo: uma estratégia para os ambientes adversos do semi-árido nordestino. *Anais e Proceedings de eventos. Embrapa Caprinos e Ovinos*. 2007
- ARUAH, B. C.; UGURU, M. I.; OYIGA, B. C. Genetic variability and inter-relationship among some Nigerian pumpkin accessions (*Cucurbita* spp.). *International Journal of Plant Breeding* v. 6, p. 34-41. 2012.
- ASSIS, J. G. A.; RAMOS NETO, D. C.; DRUZIAN, J. I.; SOUZA, C. O.; ARAGÃO, C. A.; QUEIROZ, M. A. Identificação de acessos de abóbora (*Cucurbita moschata*) com altos teores de carotenóides. In: 4º Simpósio Brasileiro sobre cucurbitáceas, 2007, Porto Seguro, Bahia. *Anais... Porto Seguro, BA: Horticultura Brasileira*, 2007.
- ASSIS, L. C. S. L. C.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; CUNHA, M. V. Estimativa de parâmetros genéticos sob duas estratégias de avaliação em híbridos intra e interespecíficos de capim-elefante *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.2589-2597. 2010.
- ASTLEY, S. B. Dietary antioxidants – past, present and future? *Trends in Food Science and Technology*, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 93-98, 2003.
- AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; PEDROSA, C.E.; FERNANDES, J.S.C.; VALADARES, N.R.; FERREIRA, M.R.A.; MARTINS, R.A.V. Desempenho agrônomico e variabilidade genética em genótipos de couve. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.47: p.1751-1758. 2012.

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, p.152-162. 2010.

BANG, H. DAVIS, A.R.; KIM, S.; LESKOVAR, D. I.; KING, S.R. Flesh Color Inheritance and Gene Interactions among Canary Yellow, Pale Yellow, and Red Watermelon. *J. AMER. SOC. HORT. SCI.* v.135, p.362–368. 2010.

BAKAN, E.; AKBULUT, Z. T.; İNANÇ, A. L; Carotenoids in Foods and their Effects on Human Health. *Akademik Gıda® / Academic Food Journal*. v.12, p.61-68. 2014.

BARBIERI, R. L.; HEIDEN, G.; NEITZKE, R. S.; GARRASTAZÚ, M. C.; SCHHWENGBER, J. E. Banco ativo de germoplasma de cucurbitáceas da Embrapa Clima Temperado: período de 2002 a 2006. Embrapa Clima Temperado. Documentos, 176. Pelotas, 30 p. 2006.

BARBIERI, R.L. A diversidade de abóboras no Brasil e sua relação histórica com a cultura. 2012. Disponível em: <<http://www.slowfoodbrasil.com/textos/alimentacao-e-cultura/501-aboboras-e-cultura>>. Acesso em: Fev/2019

BARBIERI, R. L. Mensagem da presidente. *In: Anais do 10º Simpósio de Recursos Genéticos para a América Latina e o Caribe*; Bento Gonçalves, RS, Brasil. 340p. 2015.

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

BELLO, O. B. et al. Heritability and genetic advance for grain yield and its component characters in maize (*Zea Mays L.*). *International Journal of Plant Research*, Rosemead, v. 2, n. 5, p. 138-145, 2012.

BERNARDO, R. *Breeding for quantitative traits in plants*. Minneapolis: Stemma Press, 369 p. 2002.

BESPALHOK FILHO, J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R.A. Noções de Genética Quantitativa. 2009. Disponível em: <<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%205.pdf>>. Acesso em: AGO/2020.

BEZERRA NETO F. V.; LEAL, N. R.; COSTA, F. R.; GONÇALVES, G. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; VASCONCELLOS, H. O.; MIGUEL, M. M. Análise biométrica de linhagens de abóbora. *Horticultura Brasileira*. v. 24. p 378-380. 2006.

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 agrônômicos em abóbora. *Horticultura Brasileira*. v.31, p.106-111. 2013.

BOITEUX, L.S., NASCIMENTO, W.M., FONSECA, M.E.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.

BOUIS, H. E. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve in man at low cost? Proceedings of the Nutrition Society. v.62. p.403-411. 2003

BIOFORT. A rede BIOFORT (2017). Disponível em: <<https://biofort.com.br/rede-biofort/>>. Acesso: MAR/2019

BORÉM, A. Melhoramento de plantas. Viçosa: UFV, 1997. 547 p.

BORGES, R.M.E.; RESENDE, G.M.; LIMA, M.A.C.; DIAS, R.C.S.; LUBARINO, P.C.C.; OLIVEIRA, R.C.S.; GONÇALVES, N.P.S. Phenotypic variability among pumpkin accessions in the Brazilian Semiarid. Horticultura Brasileira. v.29, p.461-464. 2011.

BORGES, R. M. E.; LIMA, M. A. C.; LIMA, M. N. R.; MELO, N. F. Divergência genética em genótipos de abóbora para descritores qualitativos e quantitativos associados ao fruto. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Semiárido. 25p. 2019.

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

BOWEN, P.E.; SAPUNTZAKIS, M.S.; NAVSARIWALA, V.D. Carotenoids in Human Nutrition. Pigments in Fruits and Vegetables, p. 31-67, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Alimentos regionais brasileiros / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. – 2. ed. – Brasília : Ministério da Saúde, 484 p. 2015.

CAMPBELL, N. A.; ATCHLEY, W. R. The geometry of canonical variate analysis. Systematic Zoology, v. 3, n. 3, p. 268-280. 1981.

CANIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Comparação de métodos de enxertia em pepino. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n. 1, p. 95-99. 2002.

CARDOSO, A. I.; JOVCHELEVICH, P.; MOREIRA, V. Produção de sementes e melhoramento de hortaliças para a agricultura familiar em manejo orgânico. Revista Nera, v.14, n. 19. p.162-169.2011

CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção. Pelotas: UFPEL, 99p. 2001.

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 142 p. 2004.

CARVALHO, J. L.V.; NUTTI, M. R. Biofortificação de produtos agrícolas para nutrição humana. Anais da 64ª Reunião Anual da SBPC – São Luís, MA – Julho/2012

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E.N. Hortaliças como alimentos funcionais. *Horticultura Brasileira*. v.24, p.397-404. 2006.

CASTRO, M. R.; OLIVEIRA, C. H. T.; TELES, M. C.; BARCELOS, M. S.; MOTTA, C. N.; PINHEIRO, M. L. M.; MEDEIROS, S. L. S. Utilização da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita pepo* L.) como fonte alternativa na alimentação de suínos: em fase inicial. IV Semana de Ciência e Tecnologia IFMG – Campus Bambuí IV Jornada Científica. 2011.

CENCI, S. A. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. *In: Fenelon do Nascimento Neto. (Org.). Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar. Embrapa Informação Tecnológica*, p.67-80. 2006.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Mapeamento e qualificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil. ISBN: 978-85-87331-59-5. Brasília. p.79. 2017.

CRUZ, C.D.; MIRANDA, J.E.C.; COSTA, C.P. Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto*, v. 11, n. 4, p. 921-928, 1988.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, Imprensa Universitária. 490 p. 1994

CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R.; CARVALHO, S.P. Estudos sobre divergência genética. III. Comparação de técnicas multivariadas. *Ceres, Viçosa*, v. 41, n. 234, p. 191-201, 1994.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. v. 2. Viçosa: UFV, 623p. 2003.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV. 514p. 2012.

DU, X.; SUN, Y.; LI, X.; ZHOU, J.; LI, X. Genetic divergence among inbred lines in *Cucurbita moschata* from China. *Scientia Horticulturae*, v. 127, n. 3, p. 207-213, 2011.

DUDLEY, J. W.; MOLL, R. H. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 3, p. 257-261, 1969.

EDGE, R; TRUSCOOT, T.G.; MCGARVEY, D.J. The carotenoids as antioxidants- a review. *Journal of Photochemisrty and Photobiology*, v. 41, p. 89-200, 1997.

EMBRAPA. Brasil enviará materiais genéticos da Embrapa para o maior banco mundial de sementes do mundo. 2020. Disponível em: <<https://www.sna.agr.br/o-brasil-enviara-3-438-materiais-geneticos-do-acervo-da-embrapa-para-o-maior-banco-mundial-de-sementes-do-mundo/>>. Acesso: JUL/2020

ETOH, H.; UTZUNOMIGA, Y.; KOMORI, A.; MURAKAMI, Y.; OSHIMA, S.; INAKUMA, T. Carotenoids and human blood plasma after ingesting paprika juice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, v. 64, p. 1096-1098, 2000.

- FAUSTINO, R.M.E.B. Predição de parâmetros genéticos e increment da qualidade em frutos de progenies de aboboreira. (*Cucurbita moschata* Duch). Tese. Universidade Estadual de Feira de Santana. 99f. 2017.
- FALCONER, D. S. Introdução à genética quantitativa. Viçosa: Imprensa Universitária, 1981. 279 p.
- FALCONER, D. S. Introduction to quantitative genetics. 2. ed. Londres: Longman, 340 p. 1987.
- FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L.; RIBEIRO JÚNIOR, W. R. Pré-melhoramento, melhoramento e pós-melhoramento: estratégias e desafios. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, 184p. 2008.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Crop, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>> Acesso: JUL/2020
- FERREIRA, M.A.J.F.; QUEIROZ, M.A.; BRAZ, L.T.; VENCOVSKY, R. Correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. Horticultura Brasileira, v. 21, n. 3, p. 438-442. 2003.
- FERREIRA, M. A. J. F.; MELO, A. M. T.; CARMO, C. A. S.; SILVA, D. J. H.; LOPES, J. F.; QUEIROZ, M. A.; MOURA, M. C. C. L.; DIAS, R. C. S.; BARBIERI, R. L.; BARROZO, L. V.; GONÇALVES, E. M.; NEGRINI, A. C. A. Mapeamento da distribuição geográfica e conservação dos parentes silvestres e variedades crioulas de Cucurbita. In: Parentes silvestres das espécies de plantas cultivadas. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. 44p. 2006.
- FERREIRA, M. A. J. F. Abóboras e morangas. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Eds.). Origem e evolução de plantas cultivadas. 1ª ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, cap. 3, p. 59-88. 2008.
- FERREIRA, M.G.; SALVADOR, F.V.; LIMA, M.N.R.; AZEVEDO, A.M.; LIMA NETO, I.S.; SOBREIRA, F.M.; SILVA, D.J.H. Parâmetros genéticos, dissimilaridade e desempenho per se em acessos de abóbora. Horticultura Brasileira. v.34, p.537-546. 2016.
- FERREIRA, M. G.; ALVES, F. M.; SILVA, D. J. H.; NICK, C. A cultura. Botânica e Taxonomia. In: Abóboras e Morangas do plantio a colheita, NICK e BOREM (2017). Ed. UFV. Lavras-MG, p.10. 2017.
- FERREIRA, M.G.; ALMEIDA, G.Q.; PESSOA, H.P.; DARIVA, F.D.; DIAS, F.O.; NICK, C. Selection of squash “Menina Brasileira” carrying the allele “Bush” with high yield potential. Horticultura Brasileira, v.37, p.035-039. 2019.
- FISCHER, S. Z.; BARBIERI, R. L.; PEIL, R. M. N.; STUMPF, E. R. T.; NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; TREPTOW, R. O. Cultivo e uso de variedades crioulas de abóboras ornamentais no Rio Grande do Sul. Horticultura Brasileira. v.34, p.398-404. 2016.
- FRANÇA, L.V., NASCIMENTO, W.M., FREITAS, R.A., COIMBRA, K.G., BOITEUX, L.S. Idade de colheita e tempo de armazenamento dos frutos de abóbora (*Cucurbita*

moschata) 'Brasileirinha' visando a qualidade fisiológica de sementes. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 47. Resumos... Porto Seguro: ABH. Suplemento, 2007.

FREITAS, D. M. S.; FERREIRA, M. G.; ALVES, F. M.; GRACIA, N. A. O.; RIBEIRO, M. R. F.; SILVA, D. J. H.; NICK, C. Correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre caracteres vegetativos e reprodutivos de híbridos de abóbora. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento Genético de Plantas Goiânia-GO. 2015.

FONSECA, M.E.N.; NAVAZIO, J.P.; SIMON, P.W. Impacts of agriculture on human health and nutrition – Vol. I - Classical Breeding To Improve Vegetable Vitamin And Provitamin Content.p.263-282. 2009.

GAJEWSKI, M. et al. Quality of pumpkin cultivars in relation to sensory characteristics. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, Cluj-Napoca v. 36, n. 1, p. 73-79, 2008.

GENESYS. Accession overview. Summary information about selected accessions. 2020. Disponível em: <https://www.genesys-pgr.org/pt/a/overview/v26Dm6QIDMA>. Acesso em JUN/2020.

GERBASI, E. F. Importancia del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. Recursos Naturales y Ambiente, n.53. 2008.

GIACOMETTI, D. C. Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS DE FRUTEIRAS NATIVAS, 1992, Cruz das Almas, BA. Anais..., Cruz das Almas: EMBRAPACNPMPF,1993. p. 93-99

GROBUSH, K.; LANNER, L.J.; GELEINJINSE, J.M.; BOEING, H.; HOFMAN, A.; WITTEMAN, J.C. Serum carotenoids and atherosclerosis. The Rotterdam Study. *Atherosclerosis*, v. 148, p. 49-56, 2000.

GOLDENBERG, J. B. El empleo de la correlation en el mejoramiento genetico de las plantas. *Fitotecnia Latino Americana.*, Caracas, v. 5, p. 1-8, 1968.

GUSMINI, G.; T.C. WEHNER. Qualitative inheritance of rind pattern and flesh color in watermelon. *J. Hered.* v.97, p.177–185. 2006.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. Quantitative genetics in maize breeding. Ames: Iowa State University Press. 468p. 1981.

HAREL-BEJA, R.; TZURI, G.; PORTNOY, V.; LOTAN-POMPAN, M.; LEV, S.; COHEN, S.; DAI, N.; YESELSON, L.; MEIR, A.; LIBHABER, S. E.Genetic Map of Melon Highly Enriched with Fruit Quality QTLs and EST Markers, Including Sugar and Carotenoid Metabolism Genes. *Theor. Appl. Genet.* v.121, p.511-533. 2010.

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

HENDERSON, W., G. SCOTT, AND T. WEHNER. Interaction of flesh color genes in watermelon. *J. Hered.* v.89; p.50-53. 1998.

HURD JUNIOR, P. D.; LINSLEY, E. G.; WHITAKER, T. W. Squash and gourd bees (Peponasis, Xenoglossa) and the origin of the cultivated Cucurbita. *Evolution, Arizona*, v. 25, n. 1, p. 218-234, 1971.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares (2010). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html?edicao=9051&t=resultados>>. Acesso: MAR/2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Resultados definitivos (2017). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#lavouras-temporarias>>. Acesso em: MAR/2019

IORIZZO, M.; ELLISON, S.; SENALIK, D.; ZENG, P.; SATAPOOMIN, P.; HUANG, J.; BOWMAN, M.; IOVENE, M.; SANSEVERINO, W.; CAVAGNARO, P. A High-Quality Carrot Genome Assembly Provides New Insights into Carotenoid Accumulation and Asterid Genome Evolution. *Nat. Genet.*, v. 48, p.657–666,2016.

IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Melhoramento genético, seleção massal e individual. Circular técnica. n°21. 1976.

JACOBO-VALENZUELA, N.; MARÓSTICA-JUNIOR, M. R.; ZAZUETA-MORALES, J. DE J.; GALLEGOS-INFANTE, J. A. Physicochemical, technological properties, and health-benefits of Cucurbita moschata Duchense vs. Cehualca. *Food Research International*, v. 44, p. 2587-2593.2011.

JUNG, M. S.; VIEIRA, E. A.; BRANCKER, A.; NODARI, R. O. Herdabilidade e ganho genético em caracteres do fruto do Maracujazeiro-doce. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 1, p. 209-214. 2008.

KANDIANIS, C. B.; STEVENS, R.; LIU, W.; PALACIOS, N.; MONTGOMERY, K.; PIXLEY, K.; WHITE, W. S.; ROCHEFORD, T. Genetic Architecture Controlling Variation in Grain Carotenoid Composition and Concentrations in Two Maize Populations. *Theor. Appl. Genet.* v.126, p.2879–2895. 2013

KIOKIAS, S.; DIMAKOU, C.; OREOPOULOU, V. Effect of natural carotenoid preparations against the autoxidative deterioration of sunflower oil-in-water emulsions. *Food Chemistry*, v. 114, p. 1278-1284, 2009.

LOPES, J. F.; CARVALHO, S. I. C.; PESSOA, H. S. V. B. (1999) Recursos Genéticos de melão e pepino na Embrapa Hortaliças. In: QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R., ed. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro**. (on line). Versão 1.0. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido / Brasília-DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, nov. 1999. Disponível em <<file:///C:/Users/Aline/Downloads/recursos-geneticos-e-melhoramento-de-plantas-para-o-nordeste-brasileiro.pdf>>. Acesso: ABR/2020

- LOPES, J. F.; AMARO, G. B.; CARVALHO, A. D. F. de; LIMA, M. F.; BOITEUX, L. S. Seleção de genótipos de abóbora e moranga do banco ativo de Germoplasma de cucurbitáceas mantido na embrapa hortaliças *In: II Congresso Brasileiro de Recurso Genéticos*. Belém-PA. 2012
- MANOS, M. G. L.; GALVÃO, D. M. O.; RAMOS, S. R. R.; MORAIS, L. C.; GOMES, R. T. S. Consumo de Abóbora em Sergipe: identificação de hábitos, preferências e limites no subsídio ao desenvolvimento de cultivares para agricultura familiar. *In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER*. Itabaiana-SE. 2017
- MANOS, M. G. L.; WILKINSON, J. Mapeamento de Controvérsias Sócio-técnicas: o Caso da Biofortificação de Alimentos Básicos no Brasil . *In: Atas do 5º Congresso Ibero-Americano em investigação qualitativa*, Porto: CIAIQ; 2016.
- MAYNARD, D.N.; ELMSTROM, G.W.; CARLE, R.B. 'EI Dorado' e 'La Estrella': híbridos compactos de abóbora tropical. *HortScience*. v.37, p.831-833. 2002.
- MCQUINN, R.P.; GIOVANNONI, J.J.; POGSON, B.J. More than meets the eye: from carotenoid biosynthesis, to new insights into apocarotenoid signaling. *ScienceDirect*, v. 27, p. 172-179, 2015.
- MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.M.; CARLA M.; STINCO, C.M.; BRAHM, P.M.; VICARIO, I.M. Analysis of carotenoids and tocopherols in plant matrices and assessment of their in vitro antioxidant capacity. *Plant Isoprenoids-Methods in Molecular Biology*, v. 1153, p. 77-97, 2014.
- MIRANDA, J.E.C.; CRUZ, C.D.; COSTA, C.P. Predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) pela divergência genética dos progenitores. *Revista Brasileira de Genética, Ribeirão Preto*, v. 11, p. 929-937, 1988.
- MENDONÇA, N. T. Produtividade de variedades de aboboreiras rasteiras selecionadas. *Bragantia*, v. 23, n. 25, p. 323-329. 1964.
- MOURA, W.M.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; LIMA, P.C. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.34, n.2, p.217-224, 1999.
- NASCIMENTO, I.R.; SANTOS, L.B.; SARMENTO, R.A.; FIGUEIRA, A. R.; OLIVEIRA, G. I. S.; AGUIAR, R. W. S. Reação fenotípica de genótipos de abóboras ao vírus da mancha anelar do mamoeiro, estirpe melancia (*Pappaya ringspot virus*, strain watermelon – PRSV-W). *Biosci. J., Uberlândia*, v. 28, n. 2, p. 191-197. 2012
- NUEZ, F.; RUIZ, J.J.; VALCÁRCEL, J.V.; CÓRDOVA, P.F. Colección de semillas de calabaza del centro de conservación y mejora de la agrobiodiversidad valenciana. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministério de Ciencia Y Tecnologia. 158p. 2000.

OBRERO, A.; GONZÁLEZ -VERDEJO, C.I.G; DIE, J.V.; GOMEZ, P. RÍO-CELESTINO, A.D.; ROMÁ, B. Carotenogenic Gene Expression and Carotenoid Accumulation in Three Varieties of Cucurbita pepo during Fruit Development. Journal of Agricultural and Food Chemistry. v.61, p.393-403.2013

PANTAVOS, A.; RUIITE, R.; FESKENS, F.E.; DE KEYSER, E.C.; HOFMAN, A.; STRICKER, H.B.; FRANCO, H.O.; KIEFTE-DE JONG, C.J. Total dietary antioxidant capacity, individual antioxidant intake and breast cancer risk: The Rotterdam study. International Journal of Cancer, v. 136, p. 2178-2186, 2015.

PATERNIANI, E. Melhoramento e produção de milho no Brasil. Piracicaba, ESALQ, Marprint, 1978

PEDROSA, J. F.; ALVARENGA, M. R.; FERREIRA, F. A. Abóboras, morangas e abobrinhas: cultivares e métodos culturais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 8, n. 85, p. 24-26, 1982.

PEREIRA, A.V. Utilização da análise multivariada na caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Tese Piracicaba: USP-ESALQ, 1989. 180p.

PERRIN, F.; BRAHEM, M.; DUBOIS-LAURENT, C.; HUET, S.; JOURDAN, M., GEOFFRIAU, E.; GAGNÉ, S. Differential Pigment Accumulation in Carrot Leaves and Roots during Two Growing Periods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 64, p. 906-912. 2016.

PIPERNO, D. R.; PEARSALL, D. M. The origins of agriculture in the Lowland Neotropics. San Diego: Academic Press, 1998.

POOLE, C.F. Genetics of cultivated cucurbits. J.Hered. v. 35, p.122–128. 1944.

PRIORI, D.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; OLIVEIRA, C.S.; MISTURA, C. C.; COSTA, F. A. (2010) Acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas da Embrapa Clima Temperado – 2002 a 2010. (Documentos / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1806-9193; 295). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37179/1/documentos-295.pdf>>. Acesso em ABR/2020.

PRIORI, D.; BARBIERI, R.L.; CASTRO, C.M.; OLIVEIRA, A.C.; VILELLA, J.C.B.; MISTURA, C.C. Caracterização molecular de variedades crioulas de abóboras com marcadores microssatélites. Horticultura Brasileira. v.30, p.499-506. 2012.

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

PRIORI, D.; BARBIERI, R.L.; MISTURA, C.C.; VILLELLA, J.C.B. Caracterização morfológica de variedades crioulas de abóboras (*Cucurbita maxima*) do sul do Brasil. Rev. Ceres, Viçosa, v. 65, n.4, p. 337-345. 2018.

QUEIROZ, M. A. de. Potencial do germoplasma de cucurbitáceas no Nordeste brasileiro.

Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 11, n. 1, p. 7-9, 1993.

QUEIROZ, M. A. de; RAMOS, S. R. R.; ROMAO, R. L.; SILVA, M. A. S. da; DIAS, R. de C.

S.; LIMA, M. F.; ASSIS, J. G. de A.; FERREIRA, M. A. J. F.; BORGES, R. M. E.; SOUZA, F.F. Recursos genéticos vegetais: o caso do banco de germoplasma (BAG) da EMBRAPA SemiÁrido. *In: ENCONTRO DE GENETICA DO NORDESTE*, 13., 1998, Feira de Santana. Anais... Feira de Santana: SBG: UEFS, p. 260-261. 1998.

QUEIROZ, M.A. Os recursos genéticos vegetais e os melhoristas de plantas. *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.

QUEIRÓZ, M.A. Germoplasma de Cucurbitáceas no Brasil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA*. Horticultura Brasileira. v.29, p.5946-5954. 2011.

RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. de; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D. Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro. Embrapa Semiárido. 1999. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/133704/recursos-geneticos-de-cucurbita-moschata-caracterizacao-morfologica-de-populacoes-locais-coletadas-no-nordeste-brasileiro>>. Acesso em: FEV/2019

RAMOS, S.R.R., QUIERÓZ, M.A. de, CASALI, V.W.D., CRUZ, C.D. Divergência genética em germoplasma de abóbora procedente de diferentes áreas do Nordeste. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 195-199, 2000.

RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. Recursos genéticos de abóbora no Nordeste brasileiro. *In: LIMA CLM. Recursos genéticos de hortaliças: riquezas naturais*. São Luís: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, p.99-116. 2005

RAMOS, S. R. R. A grande paixão pela pesquisa com abóbora (2011). Disponível em: <<https://biofort.com.br/a-grande-paixao-pela-pesquisa-com-abobora/>>. Acesso: MAR/2019.

RAMOS, S. R. R.; BORGER, R. M. E.; CARVALHO, H. W. L.; LIMA, M. A. C.; QUEIROZ, M. A.; MELO, N. F.; CARDOSO, B. T.; CAMPOS, E. T.; SANTOS, H. J. B.; MIRANDA, J. S. S.; SANTOS, L. R. O. Estratégias de melhoramento de variedades tradicionais de abóbora utilizadas na região Nordeste do Brasil. *In: V Reunião de Biofortificação no Brasil*. São Paulo. 2015.

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

ROBINSON, R.W.; MUNGER, H.M.; WHITAKER, T.W.; BOHN, G.W. Genes das Cucurbitaceae. *HortScience*. v.11, p.554-568. 1976.

ROBINSON, R.W.; DECKER-WALTERS, D.S. Cucurbits – Crop production. Science horticulture. New York . p 17 a 19 e 145 a148. 1997.

RODRIGUES, P. A importância nutricional das hortaliças. 2012. In: Hortaliças em revista, EMBRAPA. Disponível em:<https://www.embrapa.br/documents/1355126/2250572/revista_ed2.pdf/74bbe524-a730-428f-9ab0-ad80dc1cd412>. Acesso: JUL/2020

ROUPHAEL, Y.; SCHWARZ, D.; KRUMBEIN, A.; COLLA, G. Impact of Grafting on Product Quality of Fruit Vegetables. Sci. Hortic., v.127, p.172–179. 2010.

RUTKOSKI, J.; SINGH, R.P.; HUERTA-ESPINO, J.; BHAVANI, S.; POLAND, J.,; JANNINK, J.L.; SORRELLS, M.E. Genetic gain from phenotypic and genomic selection for quantitative resistance to stem rust of wheat. Plant Gen. v.8, p.1-10. 2015.

ROTILI, E. A.; AFFÉRI, F. S.; PELUZIO, J. M.; PIMENTA, R. S.; CARVALHO, E. V. de. Importância das características morfológicas e agronômicas no estudo da biodiversidade genética em milho. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 5, p.59-65, 2015.

SAADE, R.L. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica. Rome, IPIGRI. 281p. (Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools, 9. 1995.

SAINI, R. K.; NILE, S. H.; PARK, S. W. Carotenoids from Fruits and Vegetables: Chemistry, Analysis, Occurrence, Bioavailability and Biological Activities. Food Res. Int. v.76, p.735–750. 2015.

SAINI, R. K.; KEUM, Y.-S. Significance of Genetic, Environmental, and Pre- and Postharvest Factors Affecting Carotenoid Contents in Crops: A Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.66, p.5310-5324. 2018.

SALTZMAN, A.; BIROL, E.; BOUIS, H. E.; BOY, E.; DE MOURA, F. F.; ISLAM, Y.; PFEIFFER, W. H. Biofortification: Progress toward a more nourishing future. **Global Food Security** v 2. P 9-17. 2013

SALVADOR, F. V.; FERREIRA, M. G.; ROSA, M. N.; LIMA NETO, I. S.; SOBREIRA, F. M.; SILVA, DJH. Divergência genética entre acessos de abóbora com base em caracteres qualitativos de frutos. Horticultura Brasileira, v. 30, n. 2, 2012.

SASAKI, F.F.; DEL AGUILA, J.S.; GALLO, C.R.; ORTEGA, E.M.M; JACOMINO, A.P.; KLUGE RA. Alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas durante o armazenamento de abóbora minimamente processada em diferentes tipos de corte. Horticultura Brasileira. v.24, p.170-174. 2006.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; SANTOS, M. R.; MASCARENHAS, M. H. T. Cultura da moranga híbrida ou abóbora Tetsukabuto. Belo Horizonte. EPAMIG. 2009.

SILVA, D.J.H.; MOURA, M.C.C.L.; CASALI, V.W.D Recursos genéticos do banco de germoplasma de hortaliças da UFV: Histórico e expedições de coleta. Horticultura Brasileira, v. 19, n. 2, p. 108-114. 2001.

- SILVA, D. B.; WETZEL, M. V.; FERREIRA, M. A. J. F.; LOPES, J. F.; BUSTAMANTE P. G. Conservação de germoplasma de *Cucurbita spp.* a longo prazo no Brasil. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 12 p. 2006.
- SILVA, S.T.; JASIULIONIS, M.G. Relação entre estresse oxidativo, alterações epigenéticas e câncer. Cienc. Cult. v.66, n.1. p.38-42.2014
- SILVA, A. F.; SANTOS, C. A. F.; ARAUJO, F. P. de; LIMA NETO, F. P.; MOREIRA, J. N.; FERREIRA, M. A. J. F.; LEAO, P. C. de S.; DIAS, R. de C. S.; ALBUQUERQUE, S. G. de Recursos genéticos vegetais conservados na Embrapa Semiárido. Embrapa Semiárido, 42p. 2015. Disponível em:
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158459/1/CAPITULO-8-ALINE-final.pdf>>. Acesso: ABR/2020.
- SOUZA, C. O.; MENEZES, J. D. S.; RAMOS NETO, D. C.; ASSIS, J. G. A.; SILVA, S. R.; DRUZIAN, J. I. Carotenoides totais e vitamina A de cucurbitáceas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v 42, n.5, p 926-933, 2012.
- SULTANA, S. S.; AWOCHAR, M. A. K.; AZNINY, S. N.; IDDIKA, A. S.; AHMUD, F. H. Variability, correlation and path analysis in pumpkin (*Cucurbita moschata*). Bangladesh J. Agril. Res. v.40, p.479-489. 2015.
- USDA. United States Department of Agriculture. Scientific Report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee. 2015. Disponível em:
<<https://health.gov/sites/default/files/2019-09/Scientific-Report-of-the-2015-Dietary-Guidelines-Advisory-Committee.pdf>>. Acesso em: FEV/2019
- VIEIRA, J.V.; ÁVILA, A.C.; SILVA, G.O. Avaliação de genótipos de melancia para resistência ao Papaya ringspot vírus, estirpe melancia. Horticultura Brasileira. v.28, p.7-11. 2010.
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E., coord. Melhoramento e produção de milho no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, cap.5, p.122-201. 1978.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética Biométrica no Melhoramento. Ribeirão Preto: SBG, 496 p. 1992.
- WHITAKER, T.W., BEMIS, W. P. Evolution in the genus *Cucurbita*. *Evolution*, v.18, p.553-559. 1964.
- WHITAKER, T. W.; ROBINSON, R. W. Squash breeding. In: BASSETT, M. J. (Ed.). *Breeding vegetable crops*. Florida: AVI publishing company, p. 209-242. 1986.
- ZHANG, W.; DUBCOVSKY, J. Association between Allelic Variation at the Phytoene Synthase 1 Gene and Yellow Pigment Content in the Wheat Grain. *Theor. Appl. Genet.* v.116, p.635-645. 2008.

CAPÍTULO II

A seleção participativa promoveu ganhos genéticos, em especial nos teores de carotenoides, em abóbora (*Cucurbita moschata*)?

A seleção participativa promoveu ganhos genéticos, em especial nos teores de carotenoides, em abóbora (*Cucurbita moschata*)?

Resumo Estratégias de melhoramento que visem o enriquecimento nutricional são necessárias para fornecer aos consumidores compostos bioativos essenciais à alimentação e saúde. Objetivou-se estimar o ganho genético em carotenoides totais, em populações locais de abóbora submetidas a ciclos de seleção massal participativa e identificar o ciclo que agregue progênies mais promissoras com base na referida característica. O experimento foi realizado em Frei Paulo-SE, em unidade experimental pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros. Foram avaliados os seguintes descritores: massa e formato do fruto, brilho, croma e ângulo Hue e intensidade da cor da polpa do fruto, massa seca, teor de sólidos solúveis e carotenoides totais. O caráter-alvo do processo seletivo foi o teor de carotenoides totais. As estimativas de variância genotípica foram positivas e diferentes de zero. Os valores da herdabilidade média e da acurácia das populações, em sua quase totalidade, foram acima de 60%, considerados altos ou muito altos. A análise de regressão evidenciou ganho genético para carotenoides totais, exceto para ciclo C5, no qual foi registrado decréscimo na média. Vale ressaltar que a recombinação referente a esse ciclo esteve sob condições de cultivo de intensa seca, interferindo diretamente na biossíntese de carotenoides. O formato cordiforme se sobressaiu em relação aos demais. A análise de correlação indicou obtenção de ganhos indiretos em massa seca e teor de sólidos solúveis os quais têm impacto na qualidade nutricional. O sexto ciclo de seleção (C6) agregou progênies superiores para carotenoides totais, valorizando a qualidade de abóbora.

Palavras-chave agricultura familiar • *Cucurbita moschata* • ganho genético • carotenoides • seleção participativa de variedades

Introdução

A abóbora (*Cucurbita moschata* D.) é uma hortaliça-fruto originária das Américas, cujo cultivo data de mais de 10.000 anos, aproximadamente (Hurd Junior et al. 1971). A cultura tem seu centro de origem na região central do México, estendendo-se até a Colômbia e a Venezuela (Whitaker e Robinson 1986; Piperno e Pearsall 1998; Ferreira 2008). Assim como as demais espécies do gênero *Cucurbita*, é diploide com 20 pares de cromossomos ($2n = 40$) indicando surgimento do gênero por meio de aloploidia (Zhu et al. 2021).

O cultivo de abóboras representa um importante nicho de comercialização, sendo uma atividade importante para a agricultura familiar e o agronegócio. Dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), considerando o intervalo de 2009 a 2019 observou-se que houve um crescimento na produção total de abóboras no mundo até 2019 tanto na área colhida quanto na produção total. Em 2019, a China se destacou como principal produtora de abóboras com uma produção de 7.406.062 toneladas de frutos (FAO 2019).

A região Nordeste do Brasil destaca-se como grande produtora de abóbora, sendo superada apenas pela região Sudeste (IBGE 2022). A população brasileira, em especial da região Nordeste, tem o hábito de consumir frutos de abóboras nas mais diversas composições culinárias (Brasil 2015). No entanto, nessa mesma região, estimada em 57.071.654 habitantes (IBGE 2022), a deficiência de vitamina A (DVA) é considerada endêmica. Estudos apontam a DVA como problema de saúde pública em crianças, é a principal causa de cegueira infantil evitável e aumenta o risco de morte por doenças infantis comuns, como diarreia, principalmente as que residem em regiões mais pobres do planeta (UNICEF 2019).

Concomitantemente a DVA na região Nordeste, há cultivo tradicional e disperso de abóboras ricas em carotenoides considerados precursores de vitamina A (Ribeiro et al. 2019). Diversas pesquisas já foram desenvolvidas com abóboras no Brasil (Borges et al. 2019; Ribeiro et al. 2019; Carvalho et al. 2015 Souza et al. 2012; Rodriguez-Amaya et al. 2008) e em outras regiões do mundo (Abbas et al. 2020; Obrero et al. 2013; Nakkarong et al. 2012) que evidenciam o potencial da espécie como fonte de vitamina A para a dieta humana.

Em estudos voltados para definição de estratégias que possam reduzir os efeitos da DVA, especialistas propõem o enriquecimento de alimentos com uma alternativa para erradicação desse problema, a abóbora se destaca podendo fornecer mais de 40% das necessidades diárias de vitamina A (Carvalho et al. 2015).

Nessa perspectiva, o melhoramento genético que vise a qualidade nutricional de espécies cultivadas destaca-se como uma importante ferramenta no controle da hipovitaminose A, sendo a abóbora uma espécie que se sobressai por apresentar elevados conteúdos de carotenoides (Borges et al. 2019). O teor total de carotenoides nos frutos *C. moschata* varia de 234,21 a 404,98 µg/g de polpa (Carvalho et al. 2012).

Os carotenoides apoiam o metabolismo antioxidante enzimático, como também atuam no sistema antioxidante não enzimático eliminando espécies reativas de oxigênio, modulando a expressão de genes e reduzindo inflamação *in vitro* e *in vivo* (Murillo; Fernandez 2016). De acordo com Kostecka-Gugała al (2020), é possível verificar em cultivares do gênero *Cucurbita* além dos carotenoides, em maioria, a presença de compostos fenólicos e ácido ascórbico, dessa forma, frutos desta espécie receberam a designação de alimento funcional por englobar uma série de benefícios à saúde.

Embora seja uma hortaliza de expressão no mercado nacional, cultivares crioulas e/ou, mantidas por pequenos agricultores, ainda são as mais utilizadas no cultivo de abóboras (Lima; Queiroz; Oliveira, 2016). As variedades locais são importantes por constituírem fonte de variabilidade genética que podem ser exploradas na busca de genes com características desejáveis, dentre as quais pode citar o teor de β-caroteno (Ramos e Queiroz 2005; Heiden et al. 2007; Amaro 2015).

Nesse sentido, é relevante destacar o papel do agricultor através da inclusão dos seus conhecimentos e preferências na obtenção de novas variedades para uma determinada cultura (Bhargava; Srivastava, 2019; Ceccarelli; Grando, 2020), frente ao progresso em programas de melhoramento, em especial, dentro do gênero *Cucurbita* para o qual a literatura enfatiza o predomínio do uso de cultivares tradicionais da espécie.

O método de melhoramento de Seleção Massal Participativo, trata-se de um processo coletivo pelo qual ambas formas de conhecimento são valorizadas, tanto do melhorista quanto do agricultor (Cardoso et al. 2011). Além de que nesta metodologia a realidade vivenciada pelo produtor nos seus sistemas de cultivo é levada em consideração e constitui-se de importante critério no objetivo do melhoramento da espécie (Fonseca 2014).

É válido ressaltar que, selecionar progênies superiores é uma atividade árdua, uma vez que muitos caracteres têm herança quantitativa, manifestam comportamento complexo, sofrem influência do ambiente e são inter-relacionados, de forma que a seleção de um caractere gera uma série de mudanças em outros (Cruz 2006). Assim informações sobre a natureza e magnitude da variabilidade genética, bem como estudos de herança do caráter são essenciais para adoção de estratégias eficazes de melhoramento genético (Nagar et al. 2017).

Diante disso, tendo como base a seleção realizada em populações locais de abóbora cultivadas na região Nordeste do Brasil, objetivou-se com este trabalho estimar o ganho genético obtido em carotenoides totais, por meio de ciclos de Seleção Massal Participativo, bem como identificar o ciclo que agregue progênies mais promissoras para as características morfológicas e químico-nutricionais.

Material e métodos

Local experimental

O experimento foi conduzido de junho a outubro de 2017, no Campo Experimental Pedro Arle, localizado no município de Frei Paulo-SE (10°36'13" S e 37° 8'12" W), pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros e as necessidades hídricas da cultura foram supridas exclusivamente via precipitação pluviométrica (Figura 1). A média mensal de precipitação durante o período de cultivo foi de 75,2 mm. O tipo de solo da área experimental é um Cambissolo Háplico Tb Eutrófico lítico de textura franco-argilosa (Luz et al. 2013).

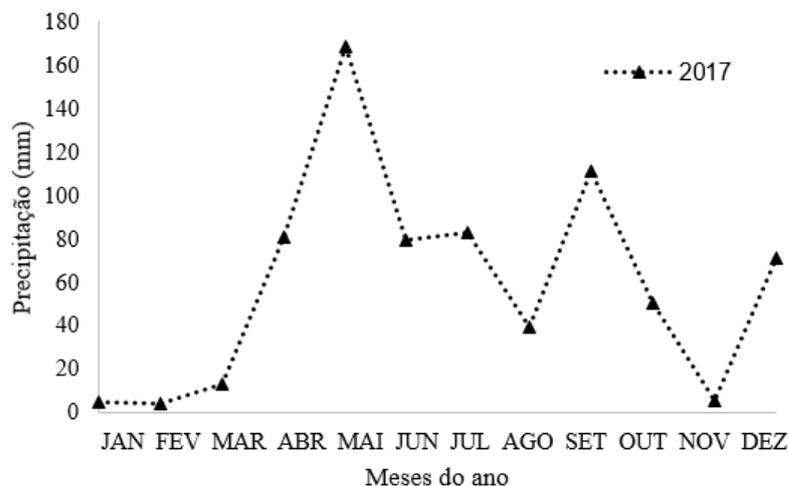


Figura 2. Dados de pluviometria durante condução do experimento. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade Experimental Queimadas, Frei Paulo-SE. 2017.

O experimento foi composto por oito tratamentos, sendo eles referentes a sete ciclos sucessivos de Seleção Massal (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7) e uma testemunha (variedade comercial, Abóbora Maranhão) (Tabela 1). A população inicial (S0), foi derivada de 48 frutos, sendo 40 doados e/ou comprados, em 2006, de agricultores familiares que cultivavam variedades tradicionais de abóbora no estado de Sergipe e oito frutos que foram comprados no mercado municipal Antonio Franco, em Aracaju, SE. Os frutos foram caracterizados quanto ao peso e formato, massa seca, teor de sólidos solúveis e carotenoides totais a cada ciclo de recombinação.

Tabela 1. Populações de abóbora resultantes de sete ciclos contínuos de seleção massal efetuada por meio da participação de agricultores e pesquisadores para caracteres morfológicos e químico-nutricionais

Código do tratamento	População recombinante / n° de plantas	Ano da recombinação
1	C1 / 400	2007
2	C2 / 400	2008
3	C3 / 480	2008
4	C4 / 400	2011
5	C5 / 400	2012*
6	C6 / 400	2013
7	C7 / 400	2014

* Houve uma seca severa.

Em 2007, em área totalmente isolada, foram plantadas sementes de um bulk dos 48 frutos. Os frutos foram colhidos em média de 110 a 120 após a semeadura, no momento em que encontravam-se com o pedúnculo amarelado, meio rachado, com gavinhas e ramas ressecadas (PEDROSA, 1982; RAMOS et al., 2010). Após isso, deu-se início a sete ciclos sucessivos de recombinação os quais contavam com a participação de melhoristas e agricultores, em Seleção Participativa. Ao final de cada ciclo, após avaliação agrônômica e químico nutricional, bulk com sementes dos frutos selecionados compunha a nova população recombinante.

Em todos os ciclos foram mensuradas as variáveis citadas anteriormente, exceto o teor de carotenoides totais que foi determinado a partir do C2. O principal objetivo da estratégia adotada foi a seleção e avaliação de acessos locais de abóbora com características morfológicas e químico-nutricionais de interesse do mercado consumidor e tendo como alvo principal o alto teor de carotenoides pró-vitâmicos A, a cada ciclo eram considerados valores superiores para as variáveis analisadas.

A semeadura foi feita diretamente nas covas, no espaçamento de 4,0 m x 3,0 m. Após dados da análise de solo do local experimental, foram aplicados 105 g de super triplo; 40 g de ureia; 15 g de KCl na adubação de plantio e realizadas duas adubações de cobertura, sendo que na primeira foram aplicados 60 g ureia e 20 g KCl por planta e na segunda 20 g ureia + 20 g KCl por planta. Aplicaram-se os tratos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura (Lima Neto et al. 2017). Houve incidência mínima de pragas, não sendo necessária a realização do tratamento químico para controle.

Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju-SE, onde foram armazenados sob condições de refrigeração (temperatura média de 18°C por 42 dias). Em seguida, os frutos foram higienizados com uso de solução sanitizante a base de água e hipoclorito de sódio a 40 ppm e avaliados, considerando os seguintes descritores: massa do fruto (MF), formato do fruto (FF), atributos da coloração da polpa do fruto - luminosidade (LP), croma (CP) e ângulo Hue (HP) e intensidade da cor da polpa (IntCP) - massa seca (MS), teor de sólidos solúveis (SS) e teor de carotenoides totais (CAT) (MAPA, 2008).

O formato do fruto foi determinado com auxílio de tabela de formatos (1=globular, 2=achatado, 3=disco, 4=oblongo, 5=elíptico, 6=cordiforme, 7=piriforme, 8=cinturado, 9=formas alongadas, 10=turbinado superior, 11=coroado, 12= turbinado inferior, 13=curvo, 14=pescoço torcido). A massa do fruto foi obtida a partir de um fruto por planta, pesados em balança eletrônica com precisão de 0,01 g e o resultado expresso em kg fruto⁻¹. Foi aferida a coloração da polpa com o uso de colorímetro digital CR400 Konica Minolta, medindo-se os atributos luminosidade - L, croma - C e ângulo de cor - H. A intensidade da cor da polpa foi determinada de acordo com o estado do descritor: 3-fraca; 5-moderada; 7-forte.

Para avaliação dos descritores químico-nutricionais, foi realizado o processamento da polpa da abóbora de acordo com metodologia de amostragem proposta por Rodriguez-Amaya (2004), que consiste na coleta de dois quartis diametralmente opostos de cada fruto (metade de cada fruto). Após essa etapa, foi pesada uma amostra 100g em balança analítica para posterior trituração em processador doméstico de alimento, para análise de teor de umidade, sólidos solúveis e, em seguida, armazenamento das amostras em recipientes de vidro sob condições de ultracongelamento a -80°C em ultrafreezer (Bosch Intelligent 32) para posterior análise de carotenoides totais realizada de forma fragmentada durante período de nove dias.

Para determinação do teor de sólidos solúveis, adicionou-se cerca de duas gotas de cada amostra homogeneizada em refratômetro Digital Braseq, com leitura direta a 20°C, resultados expressos em °Brix. Para o teor de umidade, foi pesado 2 g de amostra da polpa processada em placa de Petri e em seguida, levada para a estufa durante 24 horas a 105°C e pesado para obtenção do peso da amostra seca e o teor de umidade foi calculado pela diferença de peso das amostras no início e ao final do processo, utilizando a seguinte equação: $U (g/100g) = (PS / PU) * 100$, onde PS é o peso da amostra seca e PU peso da amostra úmida, expresso em porcentagem. A massa seca, determinada por meio da fórmula: $MS = 100 - \text{teor de umidade}$, expresso em porcentagem.

A mensuração dos carotenoides totais foi realizada de acordo com a metodologia de Rodriguez-Amaya (2004), com algumas adaptações. Inicialmente pesou-se 1,0 g da amostra da polpa triturada em balança analítica. Em seguida, macerou-se a amostra com auxílio de pistilo e almofariz. Utilizou-se em torno de 150 mL de acetona gelada, o extrato proveniente da maceração foi filtrado a vácuo em funil de Buchner e recolhido em Kitassato. Esse processo foi repetido até que a amostra obtivesse coloração incolor (total remoção dos carotenoides). O extrato obtido foi transferido lentamente para um funil de separação de 500 mL, onde adicionou-se 60 mL de éter de petróleo. Esse processo de partição consistiu na remoção da acetona por meio de adição lenta de 300 mL de água destilada e a fase aquosa (inferior) foi descartada. Esse procedimento foi repetido três vezes para se obter na solução final apenas o extrato contendo carotenoides e éter de petróleo. A fase seguinte consistiu na filtração em funil de vidro adicionado de lã de vidro e sulfato de sódio, para um balão volumétrico de 100 mL. As leituras das absorbâncias das amostras foram realizadas em espectrofotômetro a 450 nm (GENESYS 10S UV-VIS).

Desenho experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições e cinco plantas por parcela, com um total de 160 plantas. O método de Seleção Massal Participativo foi utilizado e, o processo de seleção contou com a participação de um grupo de agricultores familiares da região, comerciantes, consumidores e melhoristas com objetivo de aliar o interesse e o conhecimento do agricultor no manejo e qualidade do produto, bem como os gostos e preferências locais, juntamente ao método científico utilizado pelos melhoristas.

Para os caracteres quantitativos foi realizada a análise de deviance no modelo 21 do programa Selegen (Resende, 2016) considerando o efeito de ciclos como aleatório. Foram estimados os seguintes componentes de variância: variância genotípica (V_g); variância residual (V_e); variância fenotípica individual (V_f); herdabilidade da média das populações (h^2_{mg}), assumindo sobrevivência completa; acurácia da seleção (A_c), assumindo sobrevivência completa; coeficiente de variação genotípica ($CV_g\%$); coeficiente de variação ambiental ($CV_e\%$); média geral do experimento. Foi realizada análise de regressão visando estimar o ganho obtido com cada ciclo de recombinação para a característica constituída como principal alvo de seleção, teor de carotenoides totais.

Para as variáveis qualitativas formato do fruto e intensidade da cor da polpa foi realizada a análise não paramétrica pelo teste de Friedman e os dados foram distribuídos em classes de frequência. Foi utilizado o coeficiente de correlação linear de Spearman (r), sendo a significância do r verificada por meio do teste t de Student a 5% de significância para estudar a associação linear entre os caracteres. Para as análises de Friedman foi utilizado o programa R (R Core Team, 2020).

Resultados

Análise de Deviance

Houve diferenças significativas entre as populações avaliadas para as variáveis ângulo Hue (HP) ($P < 0,01$), massa seca (MS) $P?$ e teor de carotenoides totais (CAT) ($P < 0,05$) (Tabela 2). Quando os efeitos dos ciclos são significativos indica a existência de variabilidade genética.

Tabela 2. Estimativa da variância em populações de abóboras (*Cucurbita moschata* D.) para variáveis: massa do fruto (MF, luminosidade da polpa (LP), croma da polpa (CP), ângulo Hue da polpa ($^{\circ}$ HP), massa seca (MS), sólidos solúveis (SS), carotenoides totais (CAT).

DEVIANCE							
Modelo	MF	LP	CP	$^{\circ}$ HP	MS	SS	CAT
Completo	370,24	408,81	447,17	452,18	464,16	390,77	1429,68
Ciclos	371,65	410,38	447,17	460,01	468,86	393,28	1435,62
LTR	1,41 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,00 ^{ns}	7,83 ^{**}	4,7 [*]	2,51 ^{ns}	5,94 [*]
Vg	0,77	0,45	0,02	1,31	1,18	0,52	1017,45
Ve	3,79	5,31	6,85	7,45	8,04	4,70	7346,27
Vf	4,57	6,27	8,16	8,81	9,45	5,57	8399,05
h ² mg	0,46	0,54	0,02	0,77	0,72	0,61	0,73
Ac	0,68	0,73	0,17	0,88	0,85	0,78	0,85
CVg	14,31	1,19	0,21	2,18	9,35	6,90	13,04
CVe	15,39	2,22	2,5	2,35	11,59	10,93	15,86
CVr	0,46	0,54	0,08	0,93	0,81	0,63	0,82
Média	6,12	54,41	65,29	52,49	11,65	10,41	244,60

LTR: teste da razão de verossimilhança Vg: variância genotípica; Ve: variância residual; Vf: variância fenotípica individual; h²mg: herdabilidade da média das populações, assumindo sobrevivência completa; Ac: acurácia da seleção, assumindo sobrevivência completa; CVg%: coeficiente de variação genotípica; CVe%: coeficiente de variação ambiental; média geral do experimento.

Ganho genético

Foi obtido ganho genético ao longo dos sete ciclos de seleção massal para a característica alvo de seleção, teor de carotenoides totais. Para que essa inferência fosse possível, valores de referência de carotenoides totais em variedade comercial foram estimados como parâmetro possível de análise do ganho. O gráfico de regressão confirma que houve ganho nos teores médios para essa variável nas progênies avaliadas, exceto nos tratamentos C5 e C7 (Figura 2)

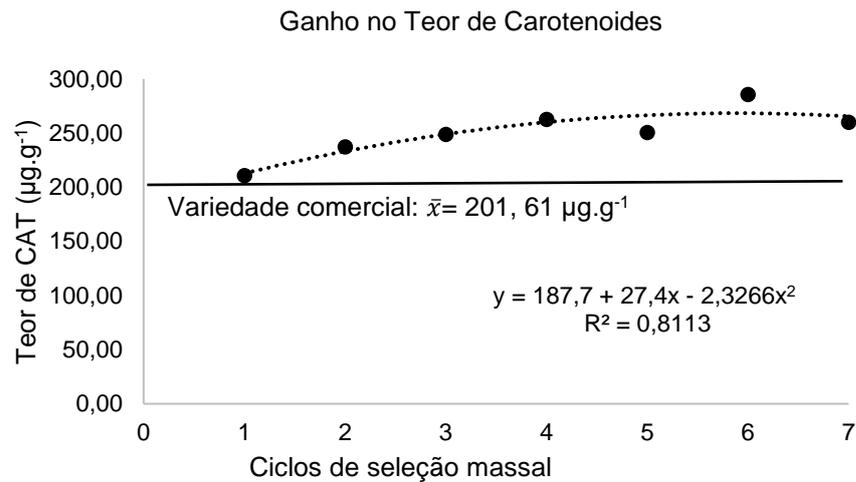


Figura 2. Estimativa de ganho genético em populações de abóbora (*Cucurbita moschata* D.) submetidas a sete ciclos de Seleção Massal, ano 2017.

Ao início do ciclo de seleção, as médias populacionais iniciais (C1) apresentavam médias de 210,67 µg.g⁻¹. O ganho máximo foi registrado no C6 com valores médios de 285,55 µg.g⁻¹. Para a testemunha utilizada, a variedade comercial ‘Abóbora Maranhão’ os valores médios obtidos para o teor de carotenoides totais foram estimados em 201,61 µg.g⁻¹ (Tabela 3).

Tabela 3. Médias genótípicas de caracteres dos frutos de abóbora (*Cucurbita moschata* D.), em sucessivos ciclos de seleção.

Ciclos	Médias genótípicas						
	MF (kg)	LP	CP	HP	MS (%)	SS (°Brix)	CAT (µg.g ⁻¹)
C1	6,12	56,96	65,29	53,83	11,13	9,94	210,67
C2	6,46	57,01	65,29	53,44	12,87	10,64	237,30
C3	5,49	55,81	65,31	51,57	12,11	10,70	248,82
C4	6,31	56,39	65,31	51,95	12,70	11,14	262,55
C5	5,92	56,41	65,33	52,09	10,75	9,76	250,59
C6	5,96	56,01	65,31	51,58	11,66	10,60	285,55
C7	5,71	55,86	65,30	51,66	11,63	10,66	259,94
Variedade comercial	6,93	56,95	65,30	54,08	10,27	9,56	201,61

Massa do fruto (MF), luminosidade da polpa (LP), cor da polpa (CP), ângulo Hue da polpa (°HP), massa seca (MS), sólidos solúveis (SS), carotenoides totais (CAT).

A informação das correlações entre caracteres é muito válida, pois orienta o melhorista na seleção de forma indireta para aqueles caracteres de interesse. A característica alvo de seleção, teor de carotenoides totais, apresentou forte correlação (0,86) com a característica da intensidade da cor da polpa representada pela variável cor (Figura 4), a qual pode ser explicada devido a coloração da polpa de abóbora ser atribuída à composição e conteúdo de carotenoides.

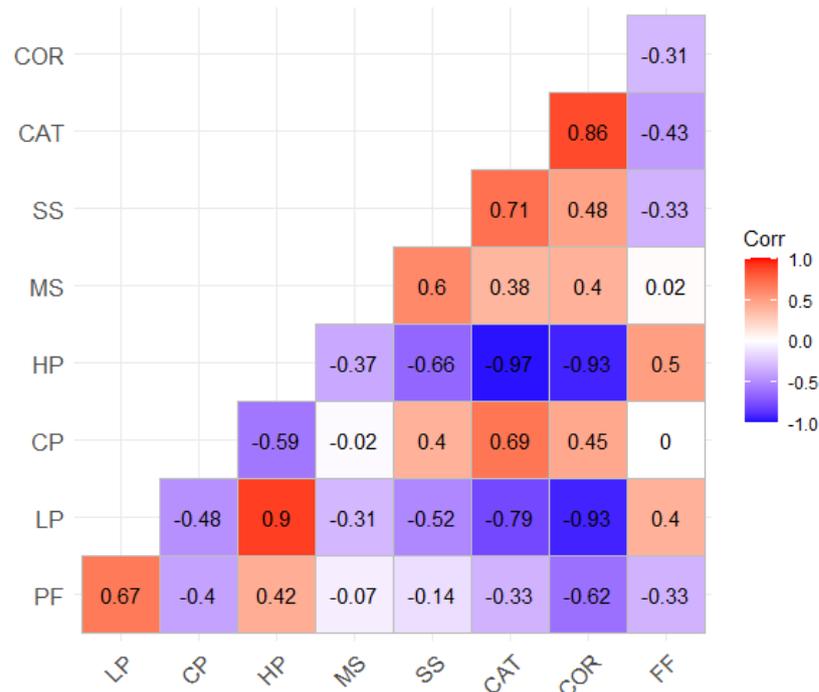


Figura 3. Estimativas do coeficiente de Spearman entre nove caracteres avaliados nos frutos de populações de abóboras (*Cucurbita moschata*) enriquecidas nutricionalmente ao longo de ciclos de Seleção Massal. Ano 2017. (Estimativas $\geq 0,7$ e $\leq -0,7$ são significativas pelo teste t $p < 0$). Massa do fruto (MF), luminosidade da polpa (LP), croma da polpa (CP), ângulo Hue da polpa ($^{\circ}$ HP), massa seca (MS), sólidos solúveis (SS), carotenoides totais (CAT).

Análise não-paramétrica

Não houve diferenças significativas para as variáveis formato de fruto e intensidade da cor da polpa dos frutos das abóboras, pelo teste de Friedman (Tabela 3).

Tabela 4. Teste de Friedman para o índice de cor da polpa e o formato do fruto em populações de abóboras (*Cucurbita moschata*) enriquecidas nutricionalmente.

FV	gl	Teste Qui-Quadrado (χ^2)	
		Índice de cor da polpa	Formato do fruto
Ciclo	7	9,74 ^{ns}	10,29 ^{ns}

ns: não significativo pelo teste de Qui-quadrado ($p > 0,05$).

Distribuição de frequências para formato de fruto

O formato cordiforme sobressaiu-se em relação aos demais durante todos os ciclos de Seleção Massal. Esse formato teve também maior frequência na variedade comercial. Além disso, pode-se verificar uma tendência de seleção também para o formato achatado. Quanto ao elíptico, uma pequena amostra foi selecionada nos ciclos C2 e C3 (Figura 5).

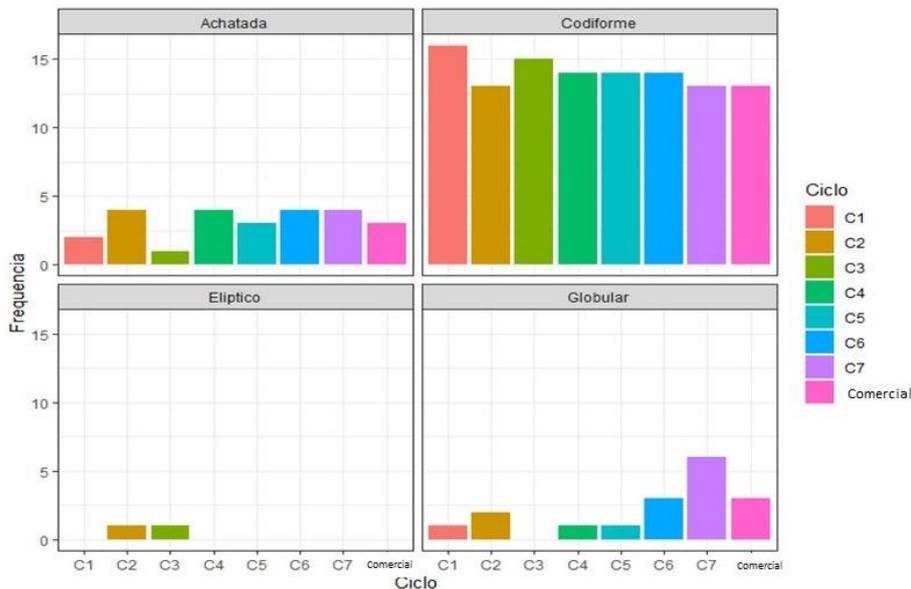


Figura 4. Frequência de diferentes formatos de frutos observada em populações de abóboras (*Cucurbita moschata* D.) enriquecidas nutricionalmente sob seleção massal participativa.

Discussão

A variabilidade exerce função importante no melhoramento vegetal, assim boas perspectivas na obtenção de ganhos genéticos por seleção são esperados em germoplasma heterogêneos (NEVES et al., 2011; NDUKAUBA et al. (2015).

Os valores da herdabilidade média das populações variaram de 0,02 a 0,77 (Tabela 2). Assumindo que valores de baixas estimativas de herdabilidade variam de 0 até 20%, moderada de 20 a 40% e alta, acima de 40% (Bourdon, 1997), pode-se afirmar que valores altos de herdabilidade permitem maior confiabilidade para se selecionar genótipos superiores pois, estimativas de herdabilidade com valores próximos a 100%, aumentam as chances de ganho genético com a seleção (Rocha et al. 2009; Falconer e Mckay 1996).

As maiores estimativas de herdabilidade foram observadas para as variáveis °HP na coloração da polpa (0,77), teor de carotenoides totais (0,73) e a massa seca (0,72). Tais resultados indicam sucesso no processo seletivo para esses caracteres via Seleção Massal, visto que altos valores observados para a herdabilidade apontam baixa influência ambiental na seleção fenotípica realizada. Borges et al. (2019) encontraram valores de herdabilidade para o conteúdo de carotenoides em *Cucurbita moschata* em torno de 30%, abaixo dos que foram registrados neste trabalho.

Os resultados coincidentes para a herdabilidade para as variáveis CAT e HP podem ser justificadas pelo fato do conteúdo de CAT está correlacionado à coloração da polpa do fruto (Abbas et al. 2020; Nakkanong et al. 2012; Murkovic et al. 2002). Para a melancia, outra cucurbitácea, é descrito que a coloração da polpa do fruto também está associada à composição e conteúdo de carotenoides (Bang et al. 2010). Logo é possível utilizar a colorimetria para estimativa de carotenoides, configurando-se uma técnica mais simples de aplicação, baixo custo e tempo de análise mais curto (Barret et al. 2010; Biehler et al. 2010).

Quanto ao parâmetro da acurácia, Formigoni (2010) afirma que o valor desse parâmetro pode variar de 0 a 1 (0 a 100%) quanto mais os valores estiverem próximos a 1, maior será a confiança na predição. Desse modo, os dados dispostos na Tabela 2 em relação as variáveis HP (0,88), MS (0,85) e teor de CAT (0,85) apresentaram

os valores mais altos podendo afirmar que as estimativas baseadas nessas variáveis são acuradas, desse modo, houve um avanço e, conseqüentemente, ganhos genéticos reais para esses caracteres. Como afirmam Juhász et al. (2010), a acurácia refere-se à correlação entre os valores genéticos preditos e os valores genéticos verdadeiros dos indivíduos, então quanto maior a acurácia, maior é a confiança na avaliação e no valor genético predito deste indivíduo e maior será o ganho com a seleção. Fato este constatado na presente pesquisa.

O resultado obtido com a seleção das populações locais, é bem superior aos conteúdos de carotenoides totais em híbridos comerciais de *Cucurbita moschata* registrados na literatura. Moura (2003) verificou que para o híbrido comercial Bárbara o conteúdo de carotenoides totais foi de 18 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, enquanto que para o híbrido Tetsukabuto, um híbrido importado de cultivo predominante na região sudeste do Brasil (Rodríguez-Amaya et al. 2008), foram obtidos teores de apenas 52,30 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ para carotenoides totais (Arima e Rodríguez-Amaya 1988) resultados muito abaixo das cultivares locais brasileiras.

Assis et al. (2007) encontraram teores de carotenoides totais que variaram entre 7,02 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ e 138,56 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ avaliando 23 acessos de abóbora do Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas para o Nordeste brasileiro. Borges et al. (2019), avaliando acessos de *Cucurbita moschata* oriundos do mesmo banco de germoplasma, obtiveram teores de carotenoides totais máximos de 261,69 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. Enquanto que, Lima Neto (2013) registraram valores superiores de carotenoides totais em acessos de abóboras preservados no Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa, no qual o acesso BGH-6997 expressou valor médio de 506,60 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$.

A via de biossíntese dos carotenoides é regulada ao longo do ciclo de vida dos vegetais pelas condições ambientais durante cultivo e a colheita de vegetais e assim tem sido considerada como alvos potenciais para melhorar as composições e conteúdo de carotenoides (Saini et al. 2015). Jacobo-Valenzuela et al. (2011) afirmaram que mudanças na composição e conteúdo dos carotenoides podem sofrer interferência de fatores genéticos e ambientais.

Os carotenóides são biossintetizados nos plastídios a partir da via de metil- D- eritritol 4-fosfato (MEP), levando a síntese de difosfato de geranilgeranil (GGPP). A etapa inicial da via MEP é catalisada por duas enzimas chaves: 1-desoxi- D -xilulose- 5- fosfato (DXS) e 1-desoxi- D -xilulose- 5- fosfato reductoisomerase (DXR), as quais fornecem precursores de carotenoides para sua biossíntese. A condensação do GGPP, na presença da fitoeno sintase (PSY) forma o primeiro carotenoide, 15- Z- fitoeno ou zeta-caroteno, fornecendo em seguida o licopeno (LCY). Em seguida ocorre a produção de ϵ -carotenoides (α -caroteno) e β - carotenoides (β -caroteno) pelas atividades enzimáticas de licopeno- ϵ -ciclase (LCY- ϵ) e LCY- β -ciclase (LCY- β), respectivamente. O sinergismo molecular entre essas duas enzimas desempenham papel regulatório significativo como o principal determinante da produção de outros tipos de carotenoides, levando a síntese de α -caroteno e luteína de um lado e β -caroteno, zeaxantina, violaxantina e neoxantina do outro lado (Saini e Keum, 2018).

Abbas et al. 2020) em análise metabólômica e transcriptômica de dois germoplasma de *Cucurbita moschata* ao longo do desenvolvimento dos frutos identificaram que na maior expressão da fitoeno sintase, PSY, no período de 10 a 50 dias de desenvolvimento dos frutos, a expressão da PSY está positivamente correlacionada com o conteúdo total de carotenoides. Outra sugestão no mesmo estudo é que a alta expressão de PSY também indicou o seu papel central na regulação da via de biossíntese de carotenoides, atuando na regulação de LCY- β e LCY- ϵ que converter licopeno em α -caroteno e depois luteína, ou LCY- β pode atuar exclusivamente para produzir β -caroteno.

Desse modo, Ramalho et al. (2001) afirmaram que para que haja o acúmulo de alelos favoráveis em características poligênicas é necessária a recombinação dos melhores indivíduos e/ou progênies ao longo dos ciclos seletivos para assim, favorecer o aumento da frequência de indivíduos genotipicamente superiores na população. Com base nos resultados da presente pesquisa, altos valores foram registrados para os parâmetros de herdabilidade e acurácia (0,73 e 0,85), que indicam que o ganho na seleção e o cultivo em ambiente favorável contribuíram para maior alcance nos teores de carotenoides totais.

Estudos demonstram que a aplicação de fertilizantes regulam benéficamente a via de biossíntese de carotenoides, Rouphael et al. (2010) afirmam que altos níveis de potássio, estão envolvidos na síntese de proteínas e na atividade de enzimas, as quais participam da formação de acetoacetil-CoA, composto envolvido na biossíntese de isopentenil difosfato (IPP), um precursor dos carotenoides na via do ácido mevalônico. Considerando que o solo do local experimental é um Cambissolo Háptico Tb Eutrófico lítico de textura franco-argilosa rico em níveis de potássio e ainda foi realizada adubação com fontes de potássio na fundação e em duas adubações de cobertura influenciou a biossíntese de carotenoides conforme descrito na literatura.

Em relação ao declínio evidente de carotenoides no ciclo de seleção C5, pode estar relacionado ao fato que esse ciclo de recombinação sofreu forte impacto das condições climáticas durante a condução desse ciclo, no ano de 2012, caracterizado por uma seca severa na região de cultivo do experimento. De acordo com os dados de pluviometria da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade Experimental Queimadas, Frei Paulo-SE, os dados de precipitação anual em 2012 foi de 375,10 mm. Quando comparado ao ano anterior, registros mostram dados de pluviometria anuais de 651,30 mm, e em 2013 precipitação idêntica com 651,60 mm.

Como mencionado anteriormente a biossíntese de carotenoides sofre grande influência de fatores ambientais. Em situação de estresse hídrico Saini e Keum (2018), discorrem que as consequências desse fator no acúmulo de carotenoides são extremamente multifacetados, atuando a nível bioquímico celular e interferindo na fisiologia do desenvolvimento da planta, com interferência direta no processo fotossintético e na regulação da abertura e fechamento estomático.

Murkovic et al. (2002) analisaram amostras de abóboras na Áustria, e encontraram conteúdos de carotenoides variando para β -caroteno ($31,0$ a $70,0 \mu\text{g g}^{-1}$), α -caroteno ($9,8$ a $59 \mu\text{g g}^{-1}$) e para luteína ($0,8$ a $11 \mu\text{g g}^{-1}$). Estes autores correlacionaram que variedades de abóboras com alto teor de carotenos têm uma aparência alaranjada, enquanto que variedades com alto teor de luteína e um baixo teor de caroteno apresentam uma cor amarela brilhante. Tendo em vista que a coloração da polpa é atribuída ao conteúdo de carotenoides (CAT), estratégia mais simples e de custo mais baixo, como a colorimetria, podem ser aplicadas para a estimativa dessa característica de importância nutricional (Barret et al. 2010; Biehler et al. 2010).

Itle e Kabelka (2009) estudando a correlação entre os valores do espaço de cor $L^* a^* b^*$, C^* , h° e o teor de carotenoides em abóboras, identificaram fortes correlações entre os valores colorimétricos e o teor de carotenoides, assegurando que a seleção indireta para o índice elevado do carotenoides em abóbora pode ser bem sucedida, fácil de executar, e de baixo custo financeiro.

O teor de carotenoides totais apresenta ainda correlação com a variável sólidos solúveis com $r = 0,71$. Teores de sólidos solúveis mais elevados, que caracterizam frutos mais doces, são preferidos pelos consumidores da região Nordeste brasileira (Cardoso et al. 2015), sendo um importante indicador de qualidade. Abbas et al. (2020) discorrem que a abóbora é famosa pelo acúmulo de açúcar e carotenoides entre todas as plantas conhecidas da família Cucurbitaceae e, afirmam que essas variáveis sofrem diferentes processos de transformação durante

várias etapas diferentes do desenvolvimento dos frutos de abóbora, além de serem consideradas um dos principais requisitos que indicam a qualidade do fruto para consumo.

Outra correlação importante na composição da qualidade foi observada na associação entre o teor de carotenoides totais e a massa seca do fruto. Apesar de fraca a correlação (0,38) é positiva e representa um ganho indireto na seleção. Segundo Manos et al. (2017), frutos com polpa firme, enxuta e sem umidade são características desejáveis descritas por consumidores. Amariz et al. (2009), relatam que além de apresentar qualidade comercial, o germoplasma deve contribuir de forma direta e efetiva na qualidade de vida dos consumidores.

Variações quanto ao formato do fruto também foram registradas por Oliveira et al. (2016). Ao avaliarem 14 acessos de *Cucurbita moschata*, os autores encontraram variabilidade genética para formato de frutos globulares (35,71%), piriformes (28,57%), elípticos (21,43%) e cordiformes (14,29%).



Figura 5. Variação de formatos em populações de abóbora (*Cucurbita moschata*) enriquecidas nutricionalmente. A: C1; B: C2; C: C3; D: C4; E: C5; F: C6; G: C7; H: Variedade comercial, Abóbora Maranhão.

Conclusão

Houve ganho genético direto para o teor de carotenoides totais com potencial de ganhos indiretos em massa seca e teor de sólidos solúveis, ao longo dos ciclos de Seleção Massal Participativa. O ciclo de seleção C6 agregou mais progênes superiores para carotenoides totais.

REFERÊNCIAS

- Abbas HMK, Huang H, Wang A, WU T, Xue S, Ahmad A, Xie D, Li J, Zhong Y (2020) Metabolic and transcriptomic analysis of two *Cucurbita moschata* germplasms throughout fruit development. *BMC Genomics* 21:365-377. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-6774-y>
- Amariz A, Lima MAC, Borges RME, Belém SF, Passos MCLMS, Trindade DCG, Ribeiro TP (2009) Caracterização da qualidade comercial e teor de carotenóides em acessos de abóbora. *Horticultura Brasileira* 27: 541-547
- Amariz A (2011) Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de acessos de jerimum de leite (*Cucurbita moschata*) pertencentes ao banco ativo de gemoplasma de cucurbitáceas da Embrapa Semiárido. Dissertação, Universidade Federal Rural do Semiárido
- Aruah BC, Uguru MI, Oyiga BC (2012) Genetic variability and inter-relationship among some Nigerian pumpkin accessions (*Cucurbita* spp.). *International Journal of Plant Breeding* 6: 34-41
- Bang H, Davis AR, Kim S, Leskovar DI, King SR (2010) Flesh Color Inheritance and Gene Interactions among Canary Yellow, Pale Yellow, and Red Watermelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 135: 362-368
- Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfelt R (2010) Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 50: 369-389
- Bezerra Neto FV, Leal NR, Costa FR, Gonçalves GM, Amaral Júnior AT, Vasconcellos HO, Miguel MM (2006) Análise biométrica de linhagens de abóbora. *Horticultura Brasileira* 24: 378-380
- Biehler E, Mayer F, Hoffmann L, Krause E, Bohn T (2010) Comparison of 3 spectrophotometric methods for carotenoid determination in frequently consumed fruits and vegetables. *Journal of Food Science* 75: 55-61
- Borges RME, Lima MAC, Lima Neto IS, Melo NF (2019) Prediction of genetic and selection parameters in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) progenies for morphoagronomic characteristics and pulp quality. *Australian Journal of Crop Science* 13: 199-207. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.02.p1192>
- Bourdon RM (1997) *Understanding animal breeding*. Pearson New International Edition
- Brasil (2015) *Alimentos Regionais Brasileiros*. Ministério da saúde. http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/livro_alimentos_regionais_brasileiros.pdf. Acessado em 20 junho 2020
- Cardoso AI, Jovchevich P, Moreira V (2011) Produção de sementes e melhoramento de hortaliças para a agricultura familiar em manejo orgânico. *Revista Nera* 14: 162-169
- Cardoso BT, Ramos SRR, Santos HMM, Santos, DO (2015) Avaliação preliminar da quantificação dos teores de umidade e sólidos solúveis totais em abóbora utilizando Nir. *Publicações Embrapa*. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138336/1/T207.pdf>. Acessado em 14 de junho de 2020
- Cruz CD (2006) *Genes: biometria*. UFV, Viçosa
- Falconer DS (1986) *Introdução à genética quantitativa*. UFV, Viçosa
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food insecurity in the world 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acessado em 16 de julho de 2021.
- Ferreira MAJF (2008) Abóboras e morangas. In: Barbieri RL, Stumpf ERT (eds.). *Origem e evolução de plantas cultivadas*, 1ª edn. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF, pp 59-88

Fonseca MAJ (2014) Recursos genéticos e melhoramento de hortaliças para e com a agricultura familiar. Horticultura Brasileira <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620140000400023>

Formigoni I (2010) Acurácia: relação de risco para as decisões de seleção <https://www.scotconsultoria.com.br/imprimir/noticias/21830>. Acessado em 18 maio de 2020.

Galarça SP, Lima CSM, Silveira G, Rufato AR (2010) Correlação de pearson e análise de trilha identificando variáveis para caracterizar porta-enxerto de *Pyrus communis* L. Ciência e Agrotecnologia 34: 860-869

Hurd Junior PD, Linsley EG, Whitaker TW (1971) Squash and gourd bees (*Peponasis*, *Xenoglossa*) and the origin of the cultivated *Cucurbita*. Evolution, Arizona 25: 218-234

IBGE (2019) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e estados <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados>. Acessado em 07 de janeiro de 2022

IBGE (2017) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#lavouras-temporarias>. Acessado em 07 de janeiro de 2022

Jacobo-Valenzuela N, Maróstica-Junior MR, Zazueta-Morales JJ, Gallegos-Infante JA (2011) Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca. Food Research International 44: 2587-2593.

Jovchelevich P, Cardoso AI (2018) Melhoramento participativo de abóbora sob manejo biodinâmico. Revista Brasileira de Agroecologia 13: 67-75

Juhász ACP, Morais DLB, Soares BO, Pimenta S, Rabello HO, Resende MDV (2010) Parâmetros genéticos e ganho com a seleção para populações de pinhão manso (*Jatropha curcas*). Pesquisa Florestal Brasileira 61: 25-35. <https://doi.org/10.4336/2010.pfb.61.25>

Kandianis CB, Stevens R, Liu W, Palacios N, Montgomery K, Pixley K, White WS, Rocheford T. (2013) Genetic Architecture Controlling Variation in Grain Carotenoid Composition and Concentrations in Two Maize Populations. Theoretical and Applied Genetics 126: 2879-2895. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2179-5>

Kostecka-Gugala A, Kruczek M, Ledwożyw-Smoleń I, Kaszycki P (2020) Antioxidants and health-beneficial nutrients in fruits of eighteen *Cucurbita* cultivars: analysis of diversity and dietary implications. Molecules <https://doi.org/10.3390/molecules25081792>

Lima Neto IS, Queiróz MA, Ramos SRR, Lima GKL, Sobreira FM, Gardingo JR, Lima MNR (2017) Tratos culturais em abóbora. In: Nick C, Borém A (eds). Abóboras e morangas: do plantio à colheita. 1edn. UFV, Viçosa pp97-114

Lima Neto IS (2013) Pré-melhoramento de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) visando biofortificação em carotenoides. Tese, Universidade Federal de Viçosa

Luz LRQP, Portela JC, Cintra FLD, Carvalho HWL, Anjos JL, Melo PO (2013) Solos do Campo Experimental Pedro Arle em Frei Paulo - Sergipe: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/88790/1/CBCS2013LuciaRaquel.pdf>. Acessado em 18 de junho de 2020

Manos MGL, Galvão DMO, Ramos SRR, Morais LC, Gomes RTS, Consumo de Abóbora em Sergipe: identificação de hábitos, preferências e limites no subsídio ao desenvolvimento de cultivares para agricultura familiar. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER. Itabaiana-SE. 2017

MAPA (2008) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Formulários de espécies incluídas no regime de proteção <http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/page/mapa/servicos/cultivares/protacao/formularios/ab%20boras%20for%20mul%20rio%2028abr2004%20p.doc>. Acessado em 16 de fevereiro de 2020

- Meleiro CHA, Amaya DBR (2007) Qualitative and Quantitative Differences in Carotenoid Composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 55: 4027-4033
- Morris ML, Bellon MR (2004) Participatory plant breeding research: Opportunities and challenges for the international crop improvement system. *Euphytica* 136: 21–35. <http://dx.doi.org/10.1023/B:EUPH.0000019509.37769.b1>
- Murkovic M, Mulleder U, Neunteufl H (2002) Carotenoid Content in Different Varieties of Pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis* 15: 633–638. <https://doi.org/10.1006/jfca.2002.1052>
- Nagar A, Sureja AK, Kumar S, Munshi ADS, Gopalakrishnan S, Bhardwaj R (2017) Genetic Variability and Principal Component Analysis for Yield and its Attributing Traits in Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne Ex Poir.) *Jornal Vegetos An International Journal of Plant Research* 30: 81-86
- Nakkanong K, Yang JH, Zhang MF (2012) Carotenoid Accumulation and Carotenogenic Gene Expression during Fruit Development in Novel Interspecific Inbred Squash Lines and Their Parents. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 60: 5936–5944
- Nwangburuka CC, Denton OA (2012) Heritability, character association, genetic advance in six agronomic and yield related characters in leaf *Corchorus olitorius*. *International Journal of Agricultural Research* 7: 365-375
- Obrero A, Verdejo CIG, Die JV, Gómez P, Celestino MDR, Roman B (2013) Carotenogenic Gene Expression and Carotenoid Accumulation in Three Varieties of *Cucurbita pepo* during Fruit Development. *Journal Agricultural and Food Chemistry* 61: 6393-6403. <https://doi.org/10.1021/jf4004576>
- Oliveira RL, Gonçalves LSA, Rodrigues R, Baba VY, Sudré CP, Santos MH, Aranha FM (2016) Genetic divergence among pumpkin landraces. *Semina Ciências Agrárias* 37:547-556
- Piperno DR, Pearsall DM (1998) *The origins of agriculture in the Lowland Neotropics*. San Diego: Academic Press
- Priori D, Barbieri RL, Mistura OC, Villela, JCB (2018) Caracterização morfológica de variedades crioulas de abóboras (*Cucurbita maxima*) do sul do Brasil. *Revista.Ceres* 65: 337-345. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201865040006>
- R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <http://www.r-project.org> Acessado em 20 janeiro de. 2020
- Ramalho MAP, Abreu AFB, Santos, JB (2001) Melhoramento de espécies autógamas.. In: Nass LL, Valois ACC, Melo IS, Valadares-Inglis MC (eds.). *Recursos genéticos e melhoramento de plantas*. Fundação MT, Rondonópolis pp201-230
- Ramos SRR, Queiróz MA, Casali VWD, Cruz CD (1999) Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro. In: QUEIRÓZ MA, GOEDERT CO, RAMOS SRR(ed) *Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro*, 1ª edn. Embrapa, Semiárido, pp 13-24
- Ramos SRR, Queiróz MA, Casali VWD, Cruz CD (2000) Divergência genética em germoplasma de abóbora procedente de diferentes áreas do Nordeste. *Horticultura Brasileira Brasília* 18: 195-199. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362000000300011>.
- Resende MDV, Duarte JB (2007) Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesq Agropec Trop* 37: 182-194
- Resende MDV (2016) Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 16: 330-339
- Rocha MM, Carvalho KJM, Freire Filho FR, Lopes ACA, Gomes RLF, Sousa IS (2009) Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44: 270-275

Rodriguez-Amaya, DB, Kimura M (2004) HarvestPlus handbook for carotenoid analysis. Washington: International Food Policy Research Institute

Rouphael Y, Schwarz D, Krumbein A, Colla G (2010) Impact of Grafting on Product Quality of Fruit Vegetables. *Scientia Horticulturae* 127:172–179

Saini RK, Nile SH, Park SW (2015) Carotenoids from Fruits and Vegetables: Chemistry, Analysis, Occurrence, Bioavailability and Biological Activities. *Food Research International* 76:735–750..

Saini RK, keum YS (2018) Significance of Genetic, Environmental, and Pre- and Postharvest Factors Affecting Carotenoid Contents in Crops: A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 66:5310-5324

Silva DB, Wetzel MV, Ferreira MAJF, lopes JF, Bustamante PG (2006) Conservação de germoplasma de Cucurbita spp. a longo prazo no brasil. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia* <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/116220/1/Boletim-de-Pesquisa-135.pdf>. Acessado em 17 de junho de 2020

Souza CO, Menezes JDS, Ramos Neto DC, Assis JGA, Silva SR, Druzian JI (2012) Carotenoides totais e vitamina A de cucurbitáceas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido. *Revista Ciência Rural* 42: 926-933

UNICEF (2019) Vitamin A. UNICEF Data: Monitoring the situation of children and women. <https://data.unicef.org/topic/nutrition/vitamin-a-deficiency/>. Acessado em 21 de julho de 2020

Whitaker TW, Robinson RW (1986) Squash breeding. In: Bassett MJ (Ed.). *Breeding vegetable crops*. Florida: AVI publishing company pp209-242

Zhu L, Zhu H, Li Y, Wang Y, Wu X, Li J, Zhang Z, Hu J, Yang S, Yang L, Sun S (2021) Genome wide characterization, comparative and genetic diversity analysis of simple sequence repeats in Cucurbita species. *Horticulturae*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7060143>

CAPÍTULO III

**Valoração de características de interesse dos agricultores tradicionais de abóbora
(*Cucurbita moschata*) ao longo de sucessivos ciclos de recombinação**

**Valoração de características de interesse dos agricultores tradicionais de abóbora
(*Cucurbita moschata*) ao longo de sucessivos ciclos de recombinação**

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi estimar a relação de distância/proximidade entre populações tradicionais de abóbora selecionadas por meio do melhoramento participativo e submetidas a sucessivos ciclos de recombinação, com foco no aumento do conteúdo de carotenoides dos frutos. Foi aplicada a seleção massal participativa para efetuar o melhoramento de abóboras quanto as características morfológicas e químico-nutricionais, principalmente o conteúdo de carotenoides. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições. Os fatores em estudo foram sete ciclos sucessivos de seleção massal (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7) e variedade comercial (abóbora ‘Maranhão’). As populações C1 e C6 apresentaram os mesmos caracteres morfológicos registrados na abóbora ‘Maranhão’. A luminosidade da coloração da casca, o diâmetro da cavidade interna, o ângulo *Hue* da coloração da polpa, a umidade, a massa seca e o teor de carotenoides totais apresentaram variações significativas entre as abóboras, indicando potencial para seleção de populações superiores. A população C6, juntamente com C7, C3, C2 e C4, se destacaram com relação as propriedades químico-nutricionais, apresentando maior conteúdo de carotenoides sólidos solúveis totais e massa seca, sendo superior a variedade comercial.

Palavras-chave: melhoramento participativo, seleção massal, carotenoides, populações superiores.

ABSTRACT

O objetivo neste trabalho foi estimar a relação de distância/proximidade entre populações tradicionais de abóbora selecionadas por meio do melhoramento participativo e submetidas a sucessivos ciclos de recombinação, com foco no aumento do conteúdo de carotenoides dos frutos. Foi aplicada a seleção massal participativa para efetuar o melhoramento de abóboras quanto as características morfológicas e químico-nutricionais, principalmente o conteúdo de carotenoides. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos ao acaso com 4 repetições. Os fatores em estudo foram sete ciclos sucessivos de seleção massal (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7) e variedade comercial (abóbora ‘Maranhão’). As populações C1 e C6 apresentaram os mesmos caracteres morfológicos registrados na abóbora ‘Maranhão’. A luminosidade da coloração da casca, o diâmetro da cavidade interna, o ângulo *Hue* da coloração da polpa, a umidade, a massa seca e o teor de carotenoides totais apresentaram variações significativas entre as abóboras, indicando potencial para seleção de populações superiores. A população C6, juntamente com C7, C3, C2 e C4, se destacaram com relação as propriedades químico-nutricionais, apresentando maior conteúdo de carotenoides sólidos solúveis totais e massa seca, sendo superior a variedade comercial.

Keywords: melhoramento participativo, seleção massal, carotenoides, populações superiores.

INTRODUÇÃO

A cultura da abóbora (*Cucurbita moschata* D.) tem grande importância socioeconômica no Brasil e em todo o mundo, principalmente devido ao alto valor nutritivo de seus frutos e sementes, sendo uma excelente fonte de vitaminas e minerais como K, Ca, P, Mg e Cu (Priori et al. 2016). No Brasil, o cultivo de aboboras abrange uma área de aproximadamente 90 mil hectares, com produção estimada em mais de 40 mil toneladas por ano e um valor de produção anual em torno de R\$ 1,5 milhão (IBGE, 2017). O cultivo é realizado principalmente por produtores familiares.

A variabilidade genética da abóbora no Brasil está intimamente ligada a seleção praticada ao longo do tempo pelas populações humanas envolvidas em seu cultivo, que são predominantemente agricultores familiares, que trocam sementes entre eles, e a ocorrência natural de hibridação no germoplasma desta espécie (Gomes et al. 2020). Além disso, a variabilidade genética das aboboras no Brasil está associada a adaptação dessa cultura as diferentes condições edafoclimáticas das regiões produtoras e representa uma importante fonte para o melhoramento genético (Gomes et al. 2022).

A seleção massal é a técnica mais antiga aplicada ao melhoramento genético de plantas, e envolve a seleção das plantas superiores com base no fenótipo. Por sua vez, o melhoramento participativo é uma técnica que pode envolver cientistas, agricultores, consumidores, extensionistas e vendedores na pesquisa de melhoramento (Ceccarelli & Grando, 2020). Assim, o melhoramento participativo trata os agricultores como parceiros e permite que eles auxiliem na tomada de decisões no progresso da seleção, selecionando as populações superiores mais adequadas para eles (Ceccarelli & Grando, 2020; Fonseca, 2014).

Um dos maiores incentivos ao consumo de aboboras está associado aos conteúdos elevados de carotenoides da polpa, como o β -caroteno, tornando as aboboras uma fonte rica pró-vitamina A (Carvalho et al. 2012; Ribeiro et al. 2015; Gomes et al. 2020). O melhoramento genético tem auxiliado os agricultores no aumento da produção, resistência a doenças e na melhoria da qualidade dos frutos de abóboras no Brasil (Fonseca, 2014), no entanto, o conteúdo de carotenoides dos frutos ainda é pouco explorado nos programas de melhoramento. Portanto, a pesquisa aqui descrita adotada a seleção massal participativa para efetuar o melhoramento de abóboras com base nas características morfológicas e químico-nutricionais, tendo como alvo principal o alto teor de carotenoides pró-vitâmicos A. O objetivo neste trabalho foi estimar a relação de distância/proximidade entre populações tradicionais de abóbora selecionadas por

meio do melhoramento participativo e submetidas a sucessivos ciclos de recombinação, com foco no aumento do conteúdo de carotenoides dos frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

Local experimental

O experimento foi conduzido de junho a outubro de 2017, no Campo Experimental Pedro Arle, localizado no município de Frei Paulo-SE (10°36'13" S e 37° 8'12" W), pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros e as necessidades hídricas da cultura foram supridas exclusivamente via precipitação pluviométrica (Figura 1). A média mensal de precipitação durante o período de cultivo foi de 75,2 mm. O tipo de solo da área experimental é um Cambissolo Háplico Tb Eutrófico lítico de textura franco-argilosa (Luz et al. 2013).

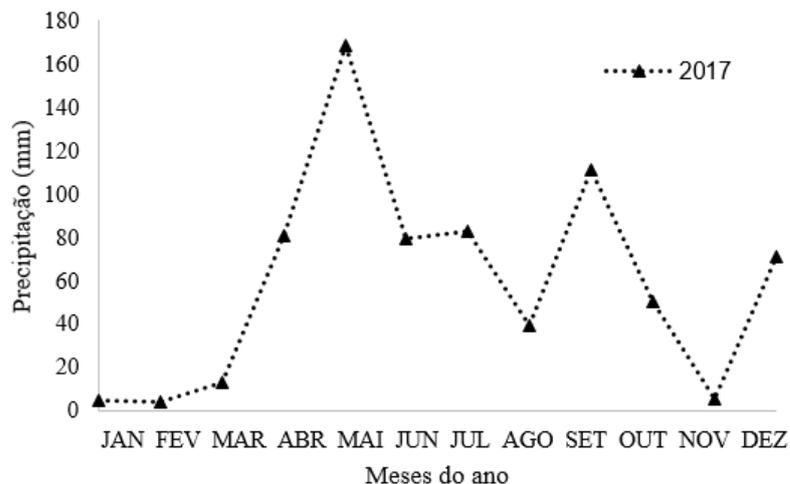


Figura 6. Dados de pluviometria durante condução do experimento. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade Experimental Queimadas, Frei Paulo-SE. 2017.

O experimento foi composto por oito tratamentos, sendo eles referentes a sete ciclos sucessivos de Seleção Massal (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7) e uma testemunha (variedade comercial, Abóbora Maranhão) (Tabela 1). A população inicial (S0), foi derivada de 48 frutos, sendo 40 doados e/ou comprados, em 2006, de agricultores familiares que cultivavam variedades tradicionais de abóbora no estado de Sergipe e oito frutos que foram comprados no mercado municipal Antonio Franco, em Aracaju, SE. Os frutos foram caracterizados quanto ao peso e formato, massa seca, teor de sólidos solúveis e carotenoides totais a cada ciclo de recombinação.

Tabela 5. Populações de abóbora resultantes de sete ciclos contínuos de seleção massal efetuada por meio da participação de agricultores e pesquisadores para caracteres morfológicos e químico-nutricionais

Código do tratamento	População recombinante / n° de plantas	Ano da recombinação
1	C1 / 400	2007
2	C2 / 400	2008
3	C3 / 480	2008
4	C4 / 400	2011
5	C5 / 400	2012*
6	C6 / 400	2013
7	C7 / 400	2014

* Houve uma seca severa.

Em 2007, em área totalmente isolada, foram plantadas sementes de um bulk dos 48 frutos. Os frutos foram colhidos em média de 110 a 120 após a semeadura, no momento em que encontravam-se com o pedúnculo amarelado, meio rachado, com gavinhas e ramas ressecadas (PEDROSA, 1982; RAMOS et al., 2010). Após isso, deu-se início a sete ciclos sucessivos de recombinação os quais contavam com a participação de melhoristas e agricultores, em Seleção Participativa. Ao final de cada ciclo, após avaliação agrônômica e químico nutricional, bulk com sementes dos frutos selecionados compunha a nova população recombinante.

Em todos os ciclos foram mensuradas as variáveis citadas anteriormente, exceto o teor de carotenoides totais que foi determinado a partir do C2. O principal objetivo da estratégia adotada foi a seleção e avaliação de acessos locais de abóbora com características morfológicas e químico-nutricionais de interesse do mercado consumidor e tendo como alvo principal o alto teor de carotenoides pró-vitamínicos A, a cada ciclo eram considerados valores superiores para as variáveis analisadas.

A semeadura foi feita diretamente nas covas, no espaçamento de 4,0 m x 3,0 m. Após dados da análise de solo do local experimental, foram aplicados 105 g de super triplo; 40 g de ureia; 15 g de KCl na adubação de plantio e realizadas duas adubações de cobertura, sendo que na primeira foram aplicados 60 g ureia e 20 g KCl por planta e na segunda 20 g ureia + 20 g KCl por planta. Aplicaram-se os tratos culturais e fitossanitários recomendados para a cultura (Lima Neto et al. 2017). Houve incidência mínima de pragas, não sendo necessária a realização do tratamento químico para controle.

Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju-SE, onde foram armazenados sob condições de

refrigeração (temperatura média de 18°C por 42 dias). Em seguida, os frutos foram higienizados com uso de solução sanitizante a base de água e hipoclorito de sódio a 40 ppm e avaliados, considerando os seguintes descritores abaixo:

Descritores

Para avaliação de plantas e frutos correspondentes às gerações, foram mensurados os seguintes descritores quantitativos e qualitativos:

- número de frutos por planta, considerando todos os frutos por planta;
- massa total dos frutos, obtido a partir da soma da massa de todos os frutos de uma mesma planta;
- comprimento das ramas, medida a partir da inserção da rama na planta até a extremidade final;
- número de ramas secundárias: obtida a partir da contagem das ramas, oriundas da rama principal;
- massa do fruto, obtido a partir do peso de um fruto por planta;
- comprimento do fruto, obtido pela medida longitudinal do fruto com auxílio de régua graduada;
- espessura da casca e da polpa, os frutos foram seccionados longitudinalmente e as mensurações realizadas em cada lado de uma das bandas do fruto;
- diâmetro da cavidade interna, obtido pela medida de maior diâmetro transversal da cavidade interna do fruto realizada com auxílio de régua;
- coloração da casca e da polpa, determinadas com o uso de colorímetro digital CR400 Konica Minolta, medindo-se os atributos luminosidade – L, croma – C e ângulo de cor – °H;

Adicionalmente, foram avaliados os seguintes descritores multicategóricos:

- formato do fruto, determinado com auxílio de tabela de formatos (1=globular, 2=achatado, 3=disco, 4=oblongo, 5=elíptico, 6=cordiforme, 7=piriforme, 8=cinturado, 9=formas alongadas, 10=turbinado superior, 11=coroadado, 12= turbinado inferior, 13=curvo, 14=pescoço torcido);
- formato do ápice e da base do fruto (1=deprimida, 2=plana, 3=protuberante);
- reentrâncias no fruto (1=ausentes, 2=presentes);
- distância entre reentrâncias (gomos) do fruto (3=curta, 5=média, 7=longa);
- textura da superfície (1=lisa, 2=rugosa);

- verrugas (1=ausentes, 2=presentes);
- intensidade da cor da casca e da polpa, determinada de acordo com o estado do descritor (3=fraca, 5=moderada, 7=forte).

Para tomada dos descritores químico-nutricionais, foi realizado o processamento da polpa da abóbora seguindo metodologia de amostragem proposta por Rodriguez-Amaya (2004), que consiste na coleta de dois quartis diametralmente opostos de cada fruto. Após essa etapa, foi pesada uma amostra 100g em balança analítica para posterior trituração em processador doméstico de alimento, para análise de teor de umidade, sólidos solúveis. Em seguida, foi realizado o armazenamento das amostras em recipientes de vidro sob condições de refrigeração a -80°C , em ultrafreezer, para posterior análise de carotenoides totais realizada de forma fragmentada, durante nove dias.

A partir da polpa processada foi determinado o teor de sólidos solúveis, adicionando-se duas gotas de cada amostra homogeneizada em um refratômetro Digital Braseq®, com leitura direta a 20°C e os resultados foram expressos em °Brix. Para o teor de umidade, foi pesada uma amostra (PU) da polpa processada em placa de Petri e em seguida, levada para a estufa por um período de 24 horas a 105°C e, posteriormente, pesada novamente para obtenção do peso da amostra seca (PS). O teor de umidade foi calculado considerando a diferença de massa das amostras no início e ao final do processo, por meio da seguinte equação: $U (\text{g}/100\text{g}) = (\text{PS} / \text{PU}) * 100$, expressa em porcentagem. Por conseguinte, a massa seca foi determinada pela fórmula: $\text{MS} = 100 - \text{teor de umidade}$, também expressa em porcentagem.

A mensuração dos carotenoides totais foi realizada de acordo com a metodologia de Rodriguez-Amaya (2004), com algumas adaptações. Inicialmente pesou-se 1,0 g da amostra da polpa triturada em balança analítica. Em seguida, houve a maceração da amostra com auxílio de pistilo e almofariz. Utilizou-se em torno de 150 mL de acetona gelada, o extrato proveniente da maceração foi filtrado a vácuo em funil de Buchner e recolhido em Kitassato. Esse processo foi repetido até que a amostra obtivesse coloração incolor (total remoção dos carotenoides). O extrato obtido foi transferido lentamente para um funil de separação de 500 ml, onde adicionou-se 60 mL de éter de petróleo. Esse processo de partição consistiu na remoção da acetona por meio da adição lenta de 300 mL de água destilada e a fase aquosa (inferior) foi descartada. Esse procedimento é repetido três vezes para que se obter, na solução final, apenas o extrato contendo carotenoides e éter de petróleo. A fase seguinte consistiu na filtração em funil de vidro adicionado de lã de vidro e sulfato de sódio, para um balão volumétrico de 100 mL. A leitura

das absorvâncias das amostras foi realizada em um espectrofotômetro a 450 nm (GENESYS 10S UV-VIS).

Desenho experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições e cinco plantas por parcela, com um total de 160 plantas. O método de Seleção Massal Participativo foi utilizado e, o processo de seleção contou com a participação de um grupo de agricultores familiares da região, comerciantes, consumidores e melhoristas com objetivo de aliar o interesse e o conhecimento do agricultor no manejo e qualidade do produto, bem como os gostos e preferências locais, juntamente ao método científico utilizado pelos melhoristas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abóbora ‘Maranhão’ é uma variedade comercial de abóbora comumente cultivada na região Nordeste do Brasil, especialmente no estado de Sergipe, onde a pesquisa foi desenvolvida (Gomes et al. 2022). Portanto, os frutos desta variedade reúnem características de qualidade apreciadas pelos consumidores da região e também características agronômicas satisfatórias para os produtores de abóboras (Gomes et al. 2020). Os frutos da abóbora ‘Maranhão’ são caracterizados pelo formato globular com base plana, formato cordiforme com base protuberante ou formato achatado com base deprimido; os ápices aparecem nos formatos deprimido, plano ou protuberante; têm presença de gomos; ausência de verrugas; a distância entre gomos varia entre curta, média ou longa; e, a textura da casca é lisa (Figura 1).

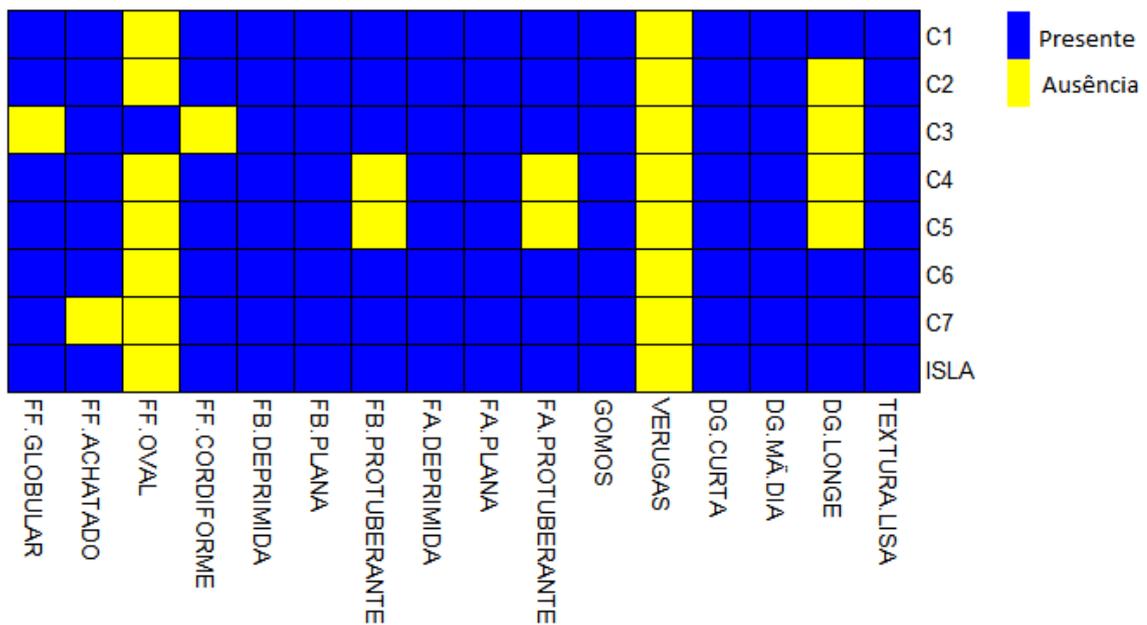


Figura 1. Presença (azul) e ausência (amarelo) de características em descritores do fruto de Populações melhoradas de abóbora. FF: formato do fruto; FB: formato da base do fruto; FA: formato apical do fruto; GOMOS: presença de gomos; DG: distância entre gomos; TEXTURA: textura da casca; VERRUGAS: presença de verrugas no fruto.

As populações de abóbora resultantes dos ciclos C1 e C6 da seleção massal, efetuada por meio da participação dos agricultores e pesquisadores, apresentaram os mesmos caracteres morfológicos registrados na abóbora ‘Maranhão’. Este resultado indica que as abóboras resultantes dos ciclos C1 e C6 podem atender as exigências dos consumidores quanto aos caracteres morfológicos, pois são semelhantes a variedade comercial, amplamente aceita no mercado. Neste contexto, destaca-se ainda a população do ciclo C7, que diferiu da variedade comercial apenas pela ausência do formato achatado dos frutos.

A análise de dendrograma a partir de dados qualitativos das populações melhoradas de abóbora revelou três diferentes grupos, com base no método UPGMA e distância euclidiana padronizada (Figura 2). As populações de abóboras resultantes dos ciclos C6, C2 e C7 foram similares a variedade comercial, compondo o mesmo grupo. A população de abóboras do ciclo C3 se diferenciou de todas as demais pela menor proporção de frutos com formato globular e achatado, com base deprimida, formato apical plano e menor ausência de gomos; além de maior proporção de frutos com formato oval/elíptico, formato apical protuberante e menor presença de gomos.

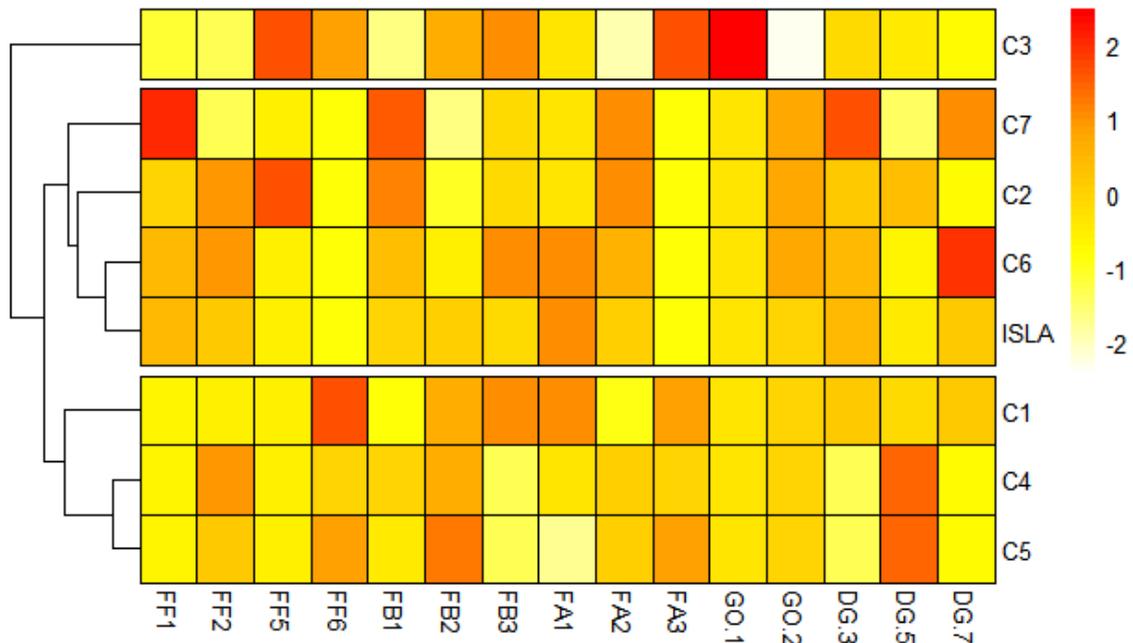


Figura 2. Dendrograma gerado pelo método de UPGMA a partir da distância euclidiana padronizada de dados qualitativos para populações de melhoramento de abóbora. Correlação cofenética ($r = 0,72^{**}$). FF - Formato do fruto (1 - globular; 2 - achatado; 5 - oval/elíptico; 6 - cordiforme); FB - Formato da base do fruto (1 - deprimida; 2 - plana; 3 - protuberante); FA: formato apical do fruto (1 - deprimida; 2 - plana; 3 - protuberante); GOMOS: presença de gomos; DG: distância entre gomos; TEXTURA: textura da casca; VERRUGAS: presença de verrugas no fruto.

A análise univariada indicou efeito significativo entre as populações de abóboras para os caracteres luminosidade da coloração da casca, diâmetro da cavidade interna, ângulo *Hue* da coloração da polpa, umidade, massa seca e teor de carotenoides totais (Tabela 2). Estes resultados indicam que seleção massal, efetuada por meio da participação dos agricultores e pesquisadores, resultou na variabilidade destes caracteres ao longo dos ciclos sucessivos de seleção. Sabendo que a variabilidade genética é um pré-requisito para a seleção de genótipos superiores (Ferreira et al. 2016; Gomes et al., 2020), podemos efetuar seleção destas populações com base nas características desejadas.

Tabela 2. Estimativa da variância dos caracteres em populações de abóboras (*Cucurbita moschata* D.) submetida a ciclos sucessivos de seleção massal. Estimation of the variance of the characters in pumpkins populations (*Cucurbita moschata* D.) submitted to successive mass selection cycles. Frei Paulo-SE, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2017.

Modelo	NFPL	PTF	COMPR	NRS	MF	LC	CC
Completo	435,24	912,46	483,21	13,61	370,24	567,14	688,36
Ciclos	435,24	912,51	483,51	13,61	371,65	572,62	688,36
LRT	0,00 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,41 ^{ns}	5,48 [*]	0,00 ^{ns}
CVr	0,075	0,19	0,32	0,04	0,46	0,78	0,09
Média	5,58	29,58	12,74	1,67	6,12	54,56	34,98
Modelo	HC	EPC	EPO	DCI	COMPF	LP	CP
Completo	672,57	-249,77	152,44	374,74	576,59	408,81	447,17
Ciclos	672,57	-249,76	152,90	378,61	576,80	410,38	447,17
LRT	0,00 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,46 ^{ns}	3,87 [*]	0,21 ^{ns}	1,57 ^{ns}	0,00 ^{ns}
CVr	0,06	0,07	0,33	0,70	0,26	0,54	0,08
Média	63,16	0,46	4,17	14,87	20,18	54,41	65,29
Modelo	HP	UMID	MS	SS	CAT	PTS	PCS
Completo	452,18	464,16	464,16	390,77	1429,68	1092,28	523,67
Ciclos	460,01	468,86	468,86	393,28	1435,62	1093,14	523,68
LRT	7,83 ^{**}	4,7 [*]	4,7 [*]	2,51 ^{ns}	5,94 [*]	0,86	0,01 ^{ns}
CVr	0,93	0,81	0,81	0,63	0,82	0,44	0,08
Média	52,49	88,35	11,65	10,41	244,60	90,29	20,09

NFPL - número de frutos por planta; PTF - peso total dos frutos, NRS - número de ramas secundárias; MF - massa do fruto, LC - luminosidade da coloração da casca; CC - croma da coloração da casca; HC - ângulo Hue da coloração da casca; EPC - espessura da casca; EPO - espessura da polpa; DCI - diâmetro da cavidade interna; COMPF - comprimento de fruto; LP - luminosidade da coloração da polpa; CP - croma da coloração da polpa; HP - ângulo Hue da coloração da polpa; UMID - umidade; MS - massa seca; SS - sólidos solúveis; CAT - teor de carotenoides totais; MTS - Massa total de sementes; PCS - peso de cem sementes. LTR - teste da razão de verossimilhança. CVr - coeficiente de variação relativo. Média - Média geral do experimento. ** significativo a 1%. * significativo a 5%. ^{ns} não significativo

Nenhum efeito significativo foi registrado para os caracteres número de frutos por planta, peso total dos frutos, número de ramas secundárias, massa do fruto, croma e ângulo *Hue* da coloração da casca, espessura da casca, espessura da polpa, comprimento de fruto, luminosidade e croma da coloração da polpa, sólidos solúveis, massa total de sementes e peso de cem sementes, a partir da análise univariada. Estes resultados indicam ausência de variabilidade fenotípica e, provavelmente, genotípica, entre as populações de abóboras com relação as estas características. Assim, a seleção de populações com base nos caracteres que apresentaram variações significativas pode ser feita sem prejuízos para estes caracteres (sem variação significativa). Em outras palavras, podemos fazer a seleção com base na luminosidade da

coloração da casca, diâmetro da cavidade interna, ângulo *Hue* da coloração da polpa, umidade, massa seca e teor de carotenoides totais sem grandes consequências nas demais (Ferreira et al. 2016).

A análise de dendrograma a partir de descritores físicos e químico-nutricionais revelou dois grupos diferentes de populações de abóboras submetida a ciclos sucessivos de seleção massal (Figura 3). As populações de abóboras resultantes dos ciclos C1 e C5 foram similares a variedade comercial, compondo o mesmo grupo. As demais populações se reuniram no segundo grupo e caracterizaram-se principalmente pelos maiores conteúdos de massa seca, sólidos solúveis e carotenoides totais.

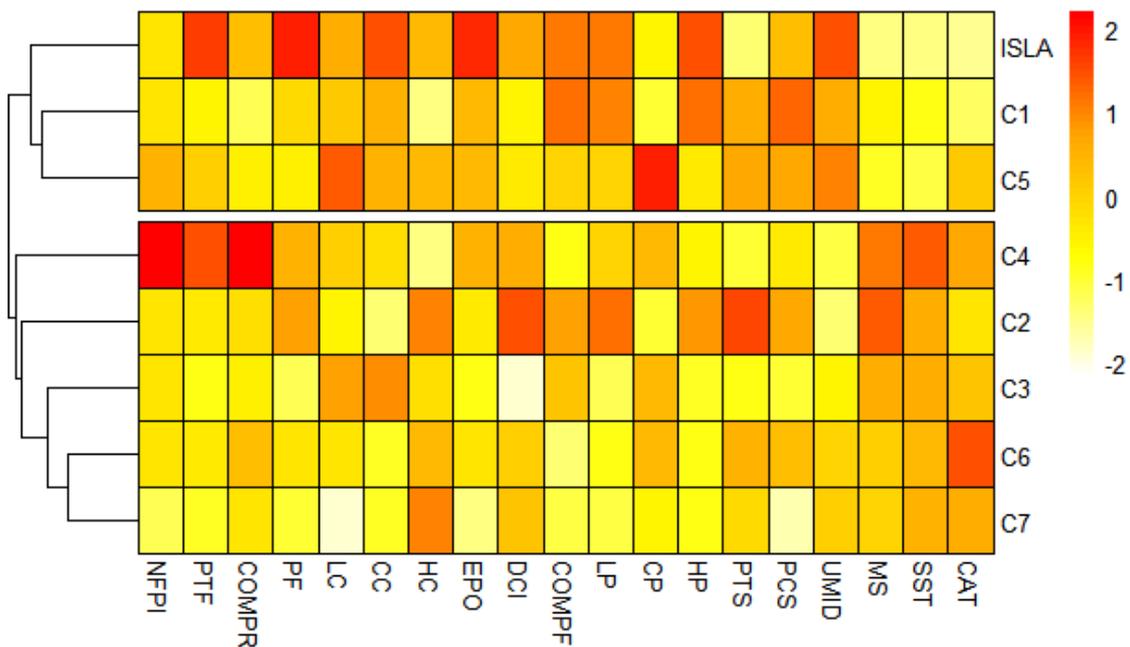


Figura 3. Dendrograma gerado pelo método de UPGMA a partir da distância euclidiana padronizada de caracteres quantitativos para populações de melhoramento de abóbora. Correlação cofenética ($r = 0,81 **$).

A inclusão sistemática dos conhecimentos, experiências, habilidades e preferências dos agricultores são de grande importância na obtenção de novas variedades para uma determinada cultura (Ceccarelli & Grando, 2020; Fonseca, 2014), especialmente das abóboras no Brasil, onde formou-se uma ampla variabilidade genética a partir da seleção praticada ao longo dos anos pelas famílias envolvidas em seu cultivo (Gomes et al. 2020). Assim, o melhoramento participativo desenvolvido nesta pesquisa permitiu a integração de materiais e conhecimentos de pesquisadores e produtores em todas as decisões mais importantes do programa de

melhoramento das abóboras, selecionando populações superiores quanto as características morfológicas e químico-nutricionais, principalmente o alto teor de carotenoides. Em conjunto, podemos destacar os frutos de abóbora da população C6, que além de manter características morfológicas semelhantes a variedade comercial, se destacou ainda com relação as propriedades químico-nutricionais, especialmente o conteúdo de carotenoides, que foi alvo principal do programa de melhoramento.

REFERENCIAS

- CARVALHO, LM; GOMES, PB; DE OLIVEIRA GODOY, RL; PACHECO, S; DO MONTE, PH; DE CARVALHO, JL; NUTTI, MR; NEVES, AC; VIEIRA, AC; RAMOS, SR. 2012. Total carotenoid content, α -carotene and β -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. Food Research International 1;47(2): 337-40.
- CECCARELLI S, GRANDO S. 2020. Participatory plant breeding: Who did it, who does it and where?. Experimental Agriculture 56(1): 1-11.
- FERREIRA, MG; SALVADOR, FV; LIMA, MN; AZEVEDO, AM; LIMA NETO, IS; SOBREIRA, FM; SILVA, DJ. 2016. Parâmetros genéticos, dissimilaridade e desempenho per se em acessos de abóbora. Horticultura Brasileira 34: 537-46.
- FONSECA MA. 2014. Recursos genéticos e melhoramento de hortaliças para e com a agricultura familiar. Horticultura Brasileira 32: 508.
- GOMES, RS; JÚNIOR, RM; DE ALMEIDA, CF; DE OLIVEIRA, RL; CHAGAS, RR; PEREIRA, ED; DELAZARI, FT; DA SILVA, DJ. 2022. Identification of high seed oil yield and high oleic acid content in Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). Saudi Journal of Biological Sciences 1;29(4): 2280-90.
- GOMES, RS; MACHADO JUNIOR, R; DE ALMEIDA, CF; CHAGAS, RR; DE OLIVEIRA, RL; DELAZARI, FT; DA SILVA DJ. 2020. Brazilian germplasm of winter squash (*Cucurbita moschata* D.) displays vast genetic variability, allowing identification of promising genotypes for agro-morphological traits. PloS one 9;15(6): e0230546.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Produção Agrícola Municipal. 2017. In: IBGE: Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro: IBGE 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017#horticultura>>.

PRIORI, D; VALDUGA, E; VILLELA, JC; MISTURA, CC; VIZZOTTO, M; VALGAS, RA; BARBIERI, RL. 2016. Characterization of bioactive compounds, antioxidant activity and minerals in landraces of pumpkin (*Cucurbita moschata*) cultivated in Southern Brazil. Food Science and Technology 21;37: 33-40.

RIBEIRO, EM; CHITCHUMROONCHOKCHAI, C; DE CARVALHO, LM; DE MOURA, FF; DE CARVALHO, JL; FAILLA, ML. 2015. Effect of style of home cooking on retention and bioaccessibility of pro-vitamin A carotenoids in biofortified pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.). Food Research International 1;77: 620-6.