

IZAIAS DA SILVA LIMA NETO

**PRÉ-MELHORAMENTO DE ABÓBORA
(*Cucurbita moschata* Duch.) VISANDO BIOFORTIFICAÇÃO
EM CAROTENOIDES**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

L732p
2013

Lima Neto, Izaias da Silva, 1984-

Pré-melhoramento de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.)
visando biofortificação em carotenoides / Izaias da Silva Lima
Neto. – Viçosa, MG, 2013.
xi, 83 f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Derly José Henriques da Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Cucurbita moschata*. 2. Carotenoides. 3. Recursos do
gemoplasma. 4. Banco de genes de plantas. 5. Abóbora -
Melhoramento genético. 6. Melhoramento genético. 7. Seleção
de plantas. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 635.623

IZAIAS DA SILVA LIMA NETO

PRÉ-MELHORAMENTO DE ABÓBORA
(*Cucurbita moschata* Duch.) VISANDO BIOFORTIFICAÇÃO
EM CAROTENÓIDES

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

APROVADA: 27 de fevereiro de 2013.



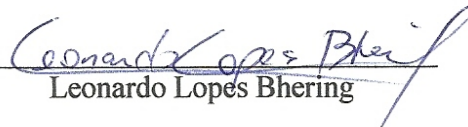
Pedro Crescêncio Souza Carneiro
(Coorientador)



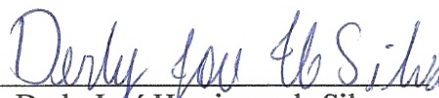
Paulo César Stringheta
(Coorientador)



Manoel Abílio de Queiróz



Leonardo Lopes Bhering



Derly José Henriques da Silva
(Orientador)

Aos meus pais, Dedé e Zélia
Aos meus irmãos, Júnior e Patrícia
Com todo amor e carinho, Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me presenteado com o dom da vida e da fé.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de doutorado, em nome do Prof. Márcio Barbosa (Coordenação atual) e Cláudio Bruckner (Coordenação anterior).

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À FAPEMIG, pelo apoio financeiro em todas as atividades de pesquisa do Projeto intitulado “Avaliação de germoplasma de abóbora quanto à qualidade nutricional e potencial oleaginoso”.

Ao meu orientador, Prof. Derly José Henriques da Silva, por sua receptividade, pela sábia orientação, pela amizade, pela confiança e pelos seus ensinamentos pessoais e profissionais.

Ao Prof. Pedro Crescêncio Souza Carneiro, pela coorientação, pela amizade e pelo desprendimento para ensinar, com descontração, diferentes formas de enxergar a vida e a ciência.

Ao Prof. Paulo César Stringheta, pela coorientação, pela amizade e receptividade e pelo valioso incentivo e suporte para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Prof. Manoel Abílio de Queiróz, “Pai científico” e idealizador desse tema, obrigado pela amizade, pelo exemplo e pela honra em tê-lo na banca examinadora.

Ao Prof. Leonardo Lopes Bhering, pela amizade, pelos ensinamentos ao longo do curso, pela pronta disponibilidade em integrar a comissão examinadora e pelas preciosas sugestões para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Prof. José Raulindo Gardingo (UEPG) pela amizade e constante troca de experiências sobre os recursos genéticos de Cucurbitáceas.

Aos nobres professores, colegas e amigos da Universidade Federal de Viçosa pela troca de experiências e pelo “luxo” do relacionamento.

Aos meus pais, Dedé e Zélia, pelo amor, pelo carinho, pela força, pela confiança, pelas orações e por sempre me desejarem “tudo de bom”.

Aos meus irmãos, Júnior e Patrícia, meu cunhado Jerley e meu sobrinho Arthur, em nome dos quais agradeço a toda a minha família (tios, tias, primos, avós) pelo amor, pela amizade e pelo incentivo. Sem vocês eu não teria chegado aqui!

À minha namorada, Mariana, pelo “abraço”, companheirismo e pelo amor incondicional. Você é parte dessa conquista!

Aos irmãos e amigos da Primeira Igreja Batista de Viçosa, em nome do Pr. Sérgio Figueira, e aos amigos de república, em nome de Robert, pela caminhada cristã e pela agradável convivência.

Ao amigo Fábio, pela parceria e companheirismo ao longo do curso e das atividades experimentais. Obrigado pelo profissionalismo e descontração de sempre!

Aos amigos do Núcleo de Estudos em Olericultura (NEO), com registro ao gestor Bruno Laurindo e aos estagiários: Arthur, Camila Camargo, Camila Fialho, Daniel, Dilermando, Elias, Felipe, Gabriel, Isabela, Isadora, Juninho, Keise, Lucas, Luhan, Luiz, Mariana, Mariane, Natália, Nayara, Renato, Ricardo, Ronildo, Roxane, Sirlene, Talyta, Thuany, Vanessa e Willian. Muito obrigado pelo trabalho em equipe, fundamental para a condução dos experimentos, pela descontração e troca de saberes.

Ao chefe do DFT (Prof. João Galvão, gestão atual, e Prof. José Geraldo, gestão anterior) pelo apoio e aos funcionários da “Horta Velha”, Arlindo, Carlos, Cosme, Divino, Geraldo, Isaías, José Maria, José Nilson, Leacir (*In memoriam*), Manoel, Marcos, Reinaldo, Toninho e Wilson pela valiosa colaboração nas atividades de campo.

Aos colegas Igor, Isadora, Adriana, Juliana (Laboratório de Corantes Naturais - DTA); Ana Beatriz (Laboratório de Herbicida - DFT); Leandro e Ceres (Laboratório de Vitaminas – DNS), pela amizade e disponibilidade, sendo fundamentais nas atividades de determinação de carotenoides.

Aos funcionários da Universidade Federal de Viçosa: Valdivino (Laboratório de Manejo de Recursos Genéticos – DFT); Geraldo e Ribeiro (Laboratórios de Pós-Colheita e Melhoramento de Hortaliças - DFT); Carlos (Laboratório de Fertilidade do Solo – DPS); Valério Polleto (Laboratório de Corantes Naturais – DTA); Cássia e Marise (Secretaria – DFT); Tatiani (Secretaria da Pós-Graduação em Fitotecnia – DFT); Vicente (Setor Financeiro – DFT); Sr. Jorge (Divisão de Transporte); José Tomaz (DTA); João e Sebastião (Divisão de Materiais); Nadília (Funarbe); Paulinho (Setor de Marcenaria); Felício, Valmir, Marinho, André e Willian (Vigilância) e; Dra. Cristiane e Dr. Edimar (Divisão de Saúde). Obrigado pela admirável disposição em ajudar!

Quando as palavras são insuficientes para expressar o meu sentimento de gratidão, deixo o meu Muito Obrigado. Obrigado à sociedade brasileira e a todos vocês que, de alguma forma, também contribuíram para a realização deste trabalho e para a minha formação pessoal e profissional.

BIOGRAFIA

IZAIAS DA SILVA LIMA NETO, filho de Adeflor Rodrigues da Cruz e Maria Zélia da Silva Lima, nasceu em Nanuque, Minas Gerais, Brasil, em 04 de março de 1984.

Iniciou seus estudos básicos em Lajedão, Bahia, em 1989 e os completou em Teixeira de Freitas, Bahia, em 2001, sempre na rede pública de ensino. Seu interesse pela agronomia foi observado nos primeiros anos de estudos, quando já avaliava ponto de colheita de melancia e cultivava culturas alimentícias tradicionais nas horas de “recreio”.

Em abril de 2002, ingressou no curso de graduação em Agronomia na Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Em agosto de 2004 foi selecionado como bolsista de iniciação científica, pelo PIBIC/CNPq, no projeto de “Coleta, multiplicação e avaliação preliminar de acessos de melancia (*Citrullus lanatus*) e melão (*Cucumis melo*) do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Cucurbitáceas para o Nordeste brasileiro”, sob orientação do Prof. Manoel Abílio de Queiróz, por onde permaneceu como bolsista/estagiário por três anos e meio. Obteve o título de engenheiro-agrônomo em agosto de 2007, em Juazeiro, Bahia, Brasil.

Em fevereiro de 2008, iniciou o curso do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), obtendo o título de mestre em julho de 2009, em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil, com a Dissertação intitulada “Interação genótipo x ambiente na reação de progênes de melancia à alternariose no Submédio São Francisco”.

Em agosto de 2009, iniciou o curso do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa (UFV), submetendo-se a defesa de tese em 27 de fevereiro de 2013, em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, com a Tese intitulada “Pré-melhoramento de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) visando biofortificação em carotenoides”.

Neste mesmo período, já havia sido selecionado como bolsista pelo programa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ/CNPq), para desenvolver o projeto de pesquisa intitulado “Avaliação de combinações híbridas de abóbora e seleção de populações segregantes promissoras para biofortificação em carotenoides”.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 A cultura da abóbora.....	5
2.2 Germoplasma de abóbora no Brasil.....	8
2.3 Carências nutricionais.....	10
2.3.1 Hipovitaminose A.....	11
2.3.2 Carência em luteína.....	13
2.4 Carotenóides e sua relação com a saúde humana.....	13
2.5 Abóbora como fonte de carotenóides.....	16
2.6 Biofortificação de abóbora no controle de carências nutricionais.....	19
2.7 Estimativa indireta de carotenóides na biofortificação de hortaliças.....	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
4. CAPÍTULO I.....	33
Variabilidade morfo-agronômica e na composição de carotenóides em acessos de abóbora.....	33
Resumo.....	33
Abstract	34
1. Introdução	35
2. Material e métodos.....	36
3. Resultados e discussão	44
4. Conclusões	54
5. Agradecimentos	54
6. Referências bibliográficas.....	55

5. CAPÍTULO II.....	58
Estimativa indireta da concentração de β -caroteno em frutos de abóbora via parâmetros colorimétricos para programas de biofortificação.....	58
Resumo.....	58
Abstract	59
1. Introdução	60
2. Material e métodos.....	62
3. Resultados e discussão	63
4. Conclusões	70
5. Agradecimentos	71
6. Referências bibliográficas.....	71
6. CONCLUSÕES GERAIS	74
7. APÊNDICES.....	75
Apêndice A – Descritores de plântulas.....	75
Apêndice B – Descritores da fase vegetativa.....	76
Apêndice C – Descritores da fase reprodutiva.....	77
Apêndice D – Descritores de frutos.....	78
Apêndice E – Descritores de sementes.....	82

RESUMO

LIMA NETO, Izaías da Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2013. **Pré-melhoramento de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) visando biofortificação em carotenoides.** Orientador: Derly José Henriques da Silva. Coorientadores: Pedro Crescêncio Souza Carneiro e Paulo César Stringheta.

A hipovitaminose A tem sido atribuída ao consumo inadequado de alimentos fontes de vitamina A pré-formada ou carotenoides, devido às privações socioeconômicas, tabus alimentares ou orientação alimentar inadequada. Em razão dessa realidade, a biofortificação de hortaliças em carotenoides precursores de vitamina A é uma alternativa viável para sua erradicação. A abóbora é considerada uma importante fonte de carotenoides, principalmente β -caroteno. Seu consumo minimiza os efeitos da hipovitaminose A no organismo humano. Por isso, é importante a caracterização de germoplasma de abóbora com base na composição de carotenoides e caracteres morfo-agronômicos de interesse, no sentido de disponibilizar estes recursos genéticos para programas de melhoramento (pré-melhoramento). Em abóbora é possível observar uma correlação elevada entre a cor da polpa e a concentração de carotenoides, o que possibilita a obtenção de estimativas indiretas da concentração de β -caroteno via parâmetros colorimétricos. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar uma amostra do germoplasma de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV) quanto a caracteres morfo-agronômicos e composição de carotenoides, com a finalidade de selecionar genitores para uso em programas de melhoramento e estimar equações de regressão com base em parâmetros colorimétricos para se estabelecer metodologia simples e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno em programas de biofortificação. O experimento de caracterização foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa-MG, de janeiro a julho de 2011. Foram utilizados 55 acessos do BGH/UFV, provenientes de diversas regiões geográficas, e quatro cultivares comerciais como testemunhas. Uma centena de descritores envolvendo plântula, planta, fruto e semente foram aplicados para a quantificação da diversidade genética. Com base em estimativas indiretas de carotenoides totais (CT) e luteína foi selecionado um grupo de 16 acessos e três testemunhas comerciais, dos quais os carotenoides foram extraídos e quantificados por espectrofotometria e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). As equações de regressão foram ajustadas com base em dados colorimétricos e de determinação direta de β -caroteno, via CLAE, utilizando-se o aplicativo computacional

em genética e estatística Genes. Os acessos de abóbora preservados no BGH/UFV possuem elevada variabilidade tanto para composição de carotenoides [β -caroteno (12,8 a 286,7 $\mu\text{g g}^{-1}$), α -caroteno (8,1 a 153,8 $\mu\text{g g}^{-1}$), luteína (0,04 a 1,32 $\mu\text{g g}^{-1}$) e CT (27,8 a 506,6 $\mu\text{g g}^{-1}$)] quanto para as principais características agrônômicas e de morfologia de fruto. A magnitude observada para a concentração de carotenoides foi superior a todos os relatos encontrados para a cultura da abóbora, dentre os acessos até então avaliados. Mediante seleção com base na diversidade genética e no comportamento *per se* foram selecionados quatro genitores com elevada frequência de características favoráveis e geneticamente divergentes (BGH-6997, BGH-7003, BGH-7671 e BGH-7765), que poderão ser inseridos em programas de melhoramento genético da cultura para o desenvolvimento de cultivares biofortificadas e produtivas. Foram geradas 57 equações de regressão com base nos parâmetros colorimétricos a^* , b^* e H^* ($r > 0,7$ com β -caroteno). Sete equações de regressão, incluindo os modelos potencial (a^*), exponencial (a^*), logarítmico (a^*) e múltiplo (a^* e H^*), foram eficientes na determinação indireta da concentração de β -caroteno em abóbora ($R^2 > 90\%$). O uso da equação potencial, baseada no parâmetro colorimétrico a^* , é recomendado em razão da sua acurácia ($R^2 = 91,7\%$) e simplicidade de aplicação, sendo uma metodologia barata, rápida e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno, especialmente em avaliações que envolvam elevado número de genótipos em programas de biofortificação.

ABSTRACT

LIMA NETO, Izaias da Silva, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2013.
Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) pre-breeding for carotenoid biofortification.
Adviser: Derly José Henriques da Silva. Co-advisers: Pedro Crescêncio Souza Carneiro and Paulo César Stringheta.

Hipovitaminosis A has been attributed to inadequate consumption of preformed vitamin A or carotenoids, due socioeconomic deprivations, food taboos or inadequate nutritional orientation. Thus, biofortification of vegetables with vitamin A carotenoid precursors is a viable alternative to its eradication. The pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) is considered an important source of carotenoids, mainly β -carotene. Its consumption minimizes the effects caused by hipovitaminosis A in the human body. Therefore, characterization of the pumpkin germplasm based on the composition of carotenoids and target morpho-agronomic traits is important, seeking to make these genetic resources available for breeding programs (pre-breeding). In pumpkins it is possible to observe a high correlation between flesh color and concentration of carotenoids, which allows for indirect estimates of β -carotene concentration via colorimetric parameters. Therefore, the objective of this work was to characterize a pumpkin germplasm samples from the Vegetable Germplasm Bank of the Federal University of Viçosa (BGH/UFV), with respect to morphoagronomic traits and composition of carotenoids so as to identify parents for use in breeding programs and to estimate regression equations based on colorimetric parameters for establishing a simple and efficient methodology for indirect estimation of β -carotene concentration in biofortification programs. The characterization experiment was conducted in the Experimental Field of the Plant Science Department at UFV, Viçosa-MG, Brazil, from January to July of 2011. A total of 55 accessions were used from the BGH/UFV from various geographic regions, and four commercial cultivars as control. One hundred descriptors involving the seedling, plant, fruit and seed were applied to quantify genetic diversity. Based on indirect estimates of total carotenoids (TC) and lutein, a group of 16 accessions was selected, from which carotenoids were extracted and quantified by spectrophotometry and high performance liquid chromatography (HPLC). The regression equations were adjusted based on colorimetric data and direct determination of β -carotene via HPLC, using the Genes software. The pumpkin accessions stored in the BGH/UFV have high variability regarding composition of carotenoids [β -carotene (from 12.8 to 286.7 $\mu\text{g g}^{-1}$), α -carotene (from 8.1 to 153.8 $\mu\text{g g}^{-1}$), lutein (from 0.04 to 1.32 $\mu\text{g g}^{-1}$) and TC (from 27.8

to 506.6 $\mu\text{g g}^{-1}$)] as well as for the main agronomic traits and fruit morphology. The magnitude found for carotenoid concentration was higher than that previously reported found for the pumpkin crop among accessions previously evaluated. Upon selection based on genetic diversity and *per se* behavior, four parents were selected with high frequency of favorable characteristics and genetically divergent (BGH-6997, BGH-7003, BGH-7671, and BGH-7765), which may be inserted in pumpkin breeding programs for developing biofortified and productive cultivars. Fifty-seven regression equations were generated based on the colorimetric parameters a^* , b^* and H^* ($r > 0.7$ with β -carotene). Seven regression equations, including the power (a^*), exponential (a^*), logarithmic (a^*) and multiple (a^* and H^*) models were efficient for indirectly determining the concentration of β -carotene in pumpkin ($R^2 > 90\%$). Use of the power equation based on the colorimetric parameter a^* is recommended because of its use accuracy ($R^2 = 91.7\%$) and simplicity. The proposed method is inexpensive, fast and efficient in indirectly estimating the concentration of β -carotene, particularly for evaluations involving a large number of genotypes in biofortification programs.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Na segunda metade do século XX, a pesquisa agrícola para países em desenvolvimento centrou-se no aumento quantitativo da produção de alimentos. Recentemente, mudanças tem sido observadas neste cenário e, conforme relatado por Saltzman *et al.* (2013), a agricultura atual tende não apenas a produzir calorias para reduzir a fome, mas também alimentos ricos em nutrientes e vitaminas para reduzir as carências nutricionais subclínicas, conhecidas como “fome oculta”.

Dentre as carências nutricionais que acometem a humanidade encontra-se a hipovitaminose A, caracterizada pela baixa concentração de retinol ($< 0,70 \mu\text{mol L}^{-1}$), que resulta em xeroftalmia (cegueira progressiva), aumenta a morbidade e mortalidade infantil e reduz as respostas imunológicas (UNDERWOOD, 2004). Essa carência nutricional constitui um grave problema de saúde pública e afeta milhares de crianças no mundo, especialmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, podendo levar à cegueira e à morte (AMBRÓSIO *et al.*, 2006). Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que a deficiência de vitamina A (DVA) afeta 190 milhões de crianças pré-escolares e 19,1 milhões de mulheres grávidas no mundo (WHO, 2009).

A vitamina A participa de uma série de funções biológicas e, por não ser sintetizada no organismo humano, deve ser fornecida pela dieta (CHAGAS *et al.*, 2003). A atividade de vitamina A na dieta humana deriva de duas fontes: vitamina A pré-formada como ésteres de retinol em alimentos de origem animal ou carotenoides (pró-vitamina A), tais como β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina, encontrados em alimentos de origem vegetal (HARRISON, 2005).

Os carotenoides são um grupo de pigmentos naturais de cor variável entre o amarelo e o vermelho-escuro, estão amplamente distribuídos nos reinos vegetal e animal e se caracterizam por grande complexidade de formas e funções. Estima-se que em países desenvolvidos, 70 a 90% dos carotenoides ingeridos são provenientes do consumo de frutas e hortaliças e provê entre 25-35% do suprimento de retinol total, enquanto em países em desenvolvimento esta contribuição pode ultrapassar 82% do suprimento de retinol total (VAN DEN BERG *et al.*, 2000). No Brasil, a ingestão média *per capita* de carotenoides se mostra aquém dos valores considerados seguros (3.000 a 6.000 $\mu\text{g dia}^{-1}$ para o β -caroteno), mesmo para os indivíduos com rendimentos mais elevados (AMANCIO; SILVA, 2012).

No intuito de minimizar os drásticos efeitos da hipovitaminose A, os especialistas propõem três tipos de estratégias, que incluem a suplementação com doses maciças como medida emergencial de curto prazo, o enriquecimento de alimentos (biofortificação) a médio prazo e a diversificação dietética como solução definitiva, porém de longo ou muito longo prazo (CHAGAS *et al.*, 2003). Nesse contexto, o melhoramento genético de espécies cultivadas visando elevar o teor de β -caroteno tem sido apontado como uma alternativa viável para erradicar essa doença (GRAHAM *et al.*, 2001; FRASER; BRAMLEY, 2004), uma vez que é fundamentalmente mais barato aumentar o conteúdo de vitaminas nos produtos agrícolas do que incorrer indefinidamente nos custos da fortificação.

A abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) é considerada uma importante fonte de carotenoides, principalmente β -caroteno, um precursor de vitamina A. Vários trabalhos já foram desenvolvidos no Brasil (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008a) e em outros países (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; GWANAMA *et al.*, 2002; MURKOVIC *et al.*, 2002) evidenciando o potencial da abóbora como fonte de pró-vitamina A para a dieta humana.

Pertencente à família *Cucurbitaceae* e ao gênero *Cucurbita*, a abóbora foi domesticada na América Latina, porém não se tem conhecimento do local específico. Registros arqueológicos indicam que é cultivada há mais de 5.000 anos em toda a América Latina (FERREIRA, 2008). No Brasil essa espécie olerícola é cultivada nas mais diversas regiões, evidenciando que as características edafoclimáticas são bastante variáveis, mas não são fisiologicamente restritivas, pois se trata de uma espécie tropical.

A produção de abóboras, morangas e jerimuns no Brasil, em 2006, foi de quase 385 mil toneladas, com destaque para as regiões Sudeste e Nordeste que contribuíram com 53,2 e 24,1% da produção nacional, respectivamente (IBGE, 2006). São Paulo foi o maior estado produtor da região Sudeste, seguido por Minas Gerais, principalmente, com o cultivo de abóboras híbridas, provenientes do cruzamento de linhagens selecionadas de *C. maxima* e *C. moschata* e popularmente conhecidas como abóboras do tipo tetsukabuto. Na região Nordeste destacaram-se os estados da Bahia, Maranhão e Pernambuco, nas quais predomina o cultivo da abóbora *C. moschata*.

Para que a seleção de genótipos visando a biofortificação possa ser efetiva a condição preliminar é a existência de variabilidade genética para concentração de carotenoides e caracteres de importância agrônômica. O BGH/UFV possui uma amostra representativa de acessos de abóbora que foram coletados em diversas regiões do Brasil e/ou introduzidos de outros países (SILVA *et al.*, 2001). Todavia, a maioria dos

trabalhos já realizados com a cultura da abóbora deu ênfase apenas às variáveis nutricionais ou agronômicas isoladamente, não tendo sido feitas caracterizações detalhadas integrando o potencial agronômico e nutricional dos genótipos. Como foram feitas coletas abrangentes e em áreas tradicionais de cultivo de abóbora em diversas regiões do país espera-se que estes acessos sejam portadores de alelos que confirmem maior qualidade nutricional aos frutos e características morfo-agronômicas de interesse.

Assim, torna-se necessária a caracterização de germoplasma de abóbora com base na composição de carotenoides e caracteres morfo-agronômicos de interesse, visando disponibilizar estes recursos genéticos para programas de melhoramento. Essa fase, também conhecida como pré-melhoramento (*pre-breeding*), visa à identificação de caracteres e/ou genes de interesse em materiais não adaptados ou nativos e sua posterior incorporação nos materiais adaptados de elevado potencial produtivo (NASS; PATERNIANI, 2000).

Na seleção dos potenciais genitores a serem inseridos no programa de melhoramento, especialmente em avaliações que envolvem um elevado número de genótipos, uma alternativa viável tem sido a análise do comportamento *per se* e a quantificação preditiva da diversidade genética, visando à escolha de genitores bons e divergentes (RAMALHO; LAMBERT, 2004). Para a formação da população-base a partir dos genitores selecionados a hibridação é premissa básica para que se tenha em suas gerações segregantes maior possibilidade de recuperação de genótipos transgressivos (FALCONER, 1987). Dessa forma, em etapas intermediárias dos programas de melhoramento, são realizadas seleções entre e/ou dentro de famílias de meio-irmãos, irmãos completos ou endogâmicas, que envolvem análises de centenas ou milhares de plantas.

Entretanto, para a análise da composição de carotenoides de um elevado número de genótipos de abóbora, seja na formação da população-base ou na fase de seleção em etapas intermediárias dos programas de melhoramento, surge uma dificuldade metodológica. Isso porque a determinação de carotenoides em hortaliças é realizada por meio de análise espectrofotométrica ou via “High Performance Liquid Chromatography” (HPLC) (CARVALHO *et al.*, 2005), que envolve o uso de equipamentos sofisticados, como espectrofotômetro e sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Além disso, essa marcha analítica envolve a extração química dos compostos e requer uso de vidrarias e reagentes específicos e recursos humanos bem treinados, que tornam os custos das análises elevados e aumentam o tempo para obtenção dos dados.

Em razão dessa dificuldade, alguns estudos têm sido realizados visando à predição da concentração de carotenoides em polpa de hortaliças a partir de valores colorimétricos, conforme relatado para cenoura (PEREIRA, 2002), tomate (ARIAS *et al.*, 2000; CARVALHO *et al.*, 2005), batata (LU *et al.*, 2001), entre outras (LANCASTER *et al.*, 1997). O uso de parâmetros colorimétricos na caracterização de germoplasma tem sido apontado inclusive para estudos com espécies do gênero *Cucurbita* (SEROCZYŃSKA *et al.*, 2006; ITLE; KABELKA, 2009). Todavia, esses trabalhos foram realizados para abóboras e morangas com baixo teor de carotenoides totais e não se ajusta à realidade de programas de biofortificação, nos quais a seleção de genótipos com elevada frequência de alelos favoráveis deve ser realizada entre acessos com alta concentração de β -caroteno.

Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar uma amostra de germoplasma de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV) quanto a caracteres morfo-agronômicos e composição de carotenoides, com a finalidade de selecionar genitores para uso em programas de melhoramento e estimar equações de regressão com base em parâmetros colorimétricos para se estabelecer metodologia simples e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno em programas de biofortificação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da abóbora

A abóbora (*Cucurbita moschata* Duch) é uma olerácea pertencente ao gênero *Cucurbita* ($2n=40$), o qual faz parte da divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, subclasse *Dilleniidae*, ordem *Violales* e família *Cucurbitaceae*. O gênero *Cucurbita* é formado por 24 espécies, cinco dessas cultivadas (*C. argyrosperma*, *C. ficifolia*, *C. maxima*, *C. moschata* e *C. pepo*) e representa parte fundamental de diversos aspectos da vida humana, especialmente na dieta, dada à versatilidade culinária e riqueza em fibras, caroteno, ferro, cálcio, magnésio, potássio e vitaminas A, B e C (FERREIRA, 2008).

Quanto aos aspectos botânicos, a planta de abóbora possui caule herbáceo, rastejante, provido de gavinhas e de raízes adventícias, nos pontos de contato com o solo, que auxiliam na fixação da planta. Em geral, o hábito de crescimento é indeterminado, com ramos extensos, folhas grandes, de coloração verde-escura e com manchas prateadas e pecíolos longos. O hábito de florescimento é monóico, havendo substancial predominância de flores masculinas sobre as femininas, na maioria das cultivares. As flores são amarelas, grandes e vistosas, sendo que as femininas possuem ovário bem destacado e com formato que prenuncia aquele do futuro fruto (FILGUEIRA, 2007). Nesta espécie a polinização por abelhas é obrigatória para o desenvolvimento do fruto.

De acordo com Ferreira (2008) a abóbora foi domesticada na América Latina, porém não se tem conhecimento do local específico. Registros arqueológicos indicam que é cultivada há mais de 5.000 anos em toda a América Latina. É um cultivo que se maneja principalmente em zonas de baixa altitude e de clima quente com alta umidade. No entanto, coletas foram realizadas no Estado de Oaxaca, México, em regiões com altitude superior a 2.200 m.

Embora, alguns autores considerem a abóbora como sendo originária da América do Norte, região Central do México, tem sido indicado que seu centro de origem de variabilidade é na Colômbia, mas registros arqueológicos mais antigos dessa espécie (4.900-3.500 a.C.) foram recuperados no Noroeste do México e em alguns sítios das Américas do Sul e Central (FERREIRA, 2008). É ampla a diversidade genética existente nas Américas, onde as espécies de *Cucurbita* são encontradas nas mais variadas cores, texturas, formas, tamanhos e sabores. Filgueira (2007) refere-se à

abóbora como uma cultura tipicamente tropical, cujo cultivo já era praticado pelos indígenas séculos antes da chegada dos colonizadores europeus.

A diversidade dessas espécies no Brasil é representada pelas inúmeras variedades tradicionais cultivadas pelos indígenas, quilombolas e produtores da agricultura de base familiar. A seleção praticada durante todo esse tempo, em conjunto com o fato de haver trocas de sementes entre as pessoas, levou à ocorrência de diversos fatores genéticos, como a hibridação e a recombinação, que favorecem a ampliação da base genética (FERREIRA, 2008).

A abóbora é uma hortaliça-fruto de fácil colocação no mercado, o que a torna uma cultura bastante popular. Além de fazer parte da alimentação básica das populações de várias regiões brasileiras e do mundo, a abóbora é usada para diversos fins, como industriais, alimentícios e medicinais, representando uma importante fonte de emprego e renda em diferentes sistemas de cultivo. As abóboras são de fácil produção, com polpa rica em carotenoides e amplamente disponíveis por todo o ano, em razão do seu longo período pós-colheita e as estratégias de armazenamento das centrais de abastecimento. Diferentes variedades desta hortaliça-fruto podem ser encontradas em toda a América Latina e ao redor do mundo (RODRÍGUEZ AMAYA, 1999).

Quanto aos sistemas de cultivo utilizados na cultura da abóbora destacam-se o policultivo, realizado principalmente por agricultores familiares e os cultivos solteiros, com ou sem uso de maiores aportes tecnológicos, como sementes de variedades comerciais, fertilizantes, defensivos agrícolas, mecanização e irrigação (MOURA, 2003).

Conforme relatado por Ramos (1999), no Nordeste brasileiro, o cultivo mais difundido e com forte aceitação no mercado regional, é feito com os tipos locais que são popularmente denominados, em várias partes da região, de abóbora ‘Maranhão’ ou abóbora ‘comum’, que se caracterizam por apresentar ampla variabilidade genética. As áreas de cultivo variam de 4 a 7 ha, podendo haver áreas bem maiores, com plantio irrigado ou dependente de chuva, caracterizando-se por apresentar, em sua maioria, o cultivo feito de forma tradicional, o qual é realizado por pequenos e médios produtores com as sementes selecionadas do plantio de cada ano. Neste sistema, destacam-se os municípios de Pastos Bons, São João dos Patos e Paraibano, no Maranhão; Maxaranguape – Barra do Punaú, no Rio Grande do Norte; e Paripiranga, na Bahia (MOURA, 2003). Vale ressaltar que, além das áreas de cultivo destacadas, que tem forte apelo para o mercado, há um elevado número de agricultores que cultivam a abóbora para o consumo próprio em grande parte da região Semiárida.

Considerando-se as espécies cultivadas de abóbora, incluindo a *C. moschata*, a China destaca-se como a maior produtora, representando cerca de 30% da produção mundial (FAO, 2007; DU *et al.*, 2011).

A produção de abóboras, morangas e jerimuns no Brasil, em 2006, foi de quase 385 mil toneladas, com destaque para as regiões Sudeste e Nordeste que contribuíram com 53,2 e 24,1% da produção nacional, respectivamente (IBGE, 2006). São Paulo foi o maior estado produtor da região Sudeste, seguido por Minas Gerais, principalmente, com o cultivo de abóboras híbridas, provenientes do cruzamento de linhagens selecionadas de *C. maxima* e *C. moschata* e popularmente conhecidas como abóboras do tipo tetsukabuto. Na região Nordeste destacaram-se os estados da Bahia, Maranhão e Pernambuco, nas quais predomina o cultivo da abóbora (*C. moschata*).

Na Ceasa-Minas, em 2012, foram transacionadas cerca de 3,184 mil toneladas de abóboras e 35,7 mil toneladas de morangas (CEASAMINAS, 2013). Juntos, esses dois grupos renderam um montante bruto superior a 31,0 milhões de reais. No grupo das abóboras, dentre os principais tipos comerciais pertencentes à espécie *C. moschata*, destacaram-se a abóbora ‘jacarezinho’ (43,16%), abóbora ‘goianinha’ (12,73%) e abóbora ‘jerimum’ (6,66%). A abóbora ‘moganga’ (*Cucurbita pepo*), contribuiu com 37,45% do volume de abóboras comercializado. Quanto ao grupo das morangas (*C. maxima*), verificou-se que a maior parte do volume comercializado refere-se ao híbrido ‘Tetsukabuto’ (98,33%), enquanto apenas 1,67% são de morangas comuns. No tocante à procedência das abóboras e morangas observou-se que estas são provenientes de vários estados brasileiros incluindo, além de Minas Gerais, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Pernambuco, Paraná, Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul. Dentro do estado de Minas Gerais, destacaram-se os municípios de Tocantins (‘Jacarezinho’), Cordisburgo (‘Goianinha’ e ‘Tetsukabuto’), Bom Repouso (‘Jerimum’), Lagoa Dourada (‘Moganga’) e Corinto (‘Moranga comum’). Segundo dados do IBGE, citados por Cunha *et al.* (2005), a aquisição domiciliar *per capita* anual de abóboras em Minas Gerais (2,33 kg) é maior que a média da região Sudeste (1,25 kg).

Vale ressaltar que dentre as cultivares utilizadas para o cultivo de abóbora no Brasil ainda não se tem nenhum genótipo melhorado do ponto de vista da concentração de carotenoides. Por outro lado, o Brasil possui uma ampla variabilidade genética da espécie que pode ser avaliada quanto ao comportamento diferencial para caracteres morfo-agronômicos de interesse e concentração de carotenoides que já apresenta demanda tanto de agricultores quanto de consumidores. Essa lacuna representa grandes

desafios, os quais serão superados por meio de programas de pré-melhoramento e melhoramento bem estruturados.

2.2 Germoplasma de abóbora no Brasil

O Brasil destaca-se como um país detentor de importante variabilidade genética da cultura da abóbora, contudo existe alta probabilidade de perda desses genes devido a vários fatores (QUEIRÓZ, 1993), o que se denomina erosão genética da espécie. Visando minimizar os efeitos negativos da erosão genética sobre a cultura da abóbora, bem como de outras espécies da família *Cucurbitaceae*, foram realizadas várias expedições de coleta de acessos em território nacional tendo sido estabelecidos pelo menos cinco Bancos de Germoplasma no Brasil, incluindo o Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Segundo Ferreira (2008), no Brasil existem coleções de germoplasma de *Cucurbita* em seis instituições. Embora as informações sejam variáveis, de acordo com a fonte consultada, estima-se que nestas coleções as espécies *C. moschata* e *C. maxima* são as que possuem maior número de acessos preservados, com 2.817 e 1.397 acessos, respectivamente, sem considerar acessos não identificados ou multiplicações realizadas.

Ao se considerar apenas os acessos de *C. moschata* e *C. maxima* preservados em bancos de germoplasma, tem-se o seguinte cenário: Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) (253 acessos), Embrapa Hortaliças (Brasília, DF) (2332 acessos), Embrapa Semiárido (Petrolina, PE) (830 acessos), Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, MG) (636 acessos) e Instituto Agrônomo de Campinas (Campinas, SP) (286 acessos), totalizando 4337 acessos, dos quais 123 ainda não foram devidamente identificados. A coleção existente na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Brasília, DF) consiste no acervo conservado em longo prazo (Coleção de Base de Germoplasma Semente - Colbase), enquanto as demais coleções conservam germoplasma em médio prazo (Bancos Ativos de Germoplasma – BAG's).

No Brasil, a preocupação com a coleta de recursos genéticos de hortaliças, visando resgatar a variabilidade de populações de grande importância, antecede a criação do IPGRI (*International Plant Genetic Resources Institute*), na década de 70. Segundo Silva *et al.* (2001), em 1966, a Universidade Federal de Viçosa, com o apoio da Fundação Rockefeller, criou o Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH) com a finalidade de resgatar espécies nativas ou introduzidas, de preservar, documentar e manter intercâmbio de germoplasma de outras regiões do globo. As famílias com

maiores participações no BGH-UFV são *Solanaceae* (44,21%), *Leguminosae* (16,83%) e *Cucurbitaceae* (15,70%), sendo que dentre as espécies da família Cucurbitácea o BGH-UFV conta com 341 acessos de *C. moschata*.

Embora o BGH/UFV disponha de um expressivo número de acessos de abóbora, que se encontram preservados em câmaras frias, até o momento são poucos os trabalhos de exploração da variabilidade desta espécie. Estudos realizados por Moura (2003) e Gardingo (2009 - dados não publicados) com acessos do BGH/UFV evidenciaram ampla variabilidade genética desta cultura para características de planta, fruto e semente, sugerindo que investigações mais aprofundadas ainda são necessárias, tendo-se em vista que apenas uma baixa percentagem de acessos deste banco de germoplasma foi caracterizada e avaliada para características específicas de interesse nutricional, como é o caso da concentração de carotenoides.

Estudos realizados em outros bancos de germoplasma também apontam importante variabilidade genética em acessos de abóbora. Queiróz (1993) relatou grande variabilidade genética nas populações de abóboras e jerimuns coletadas no Nordeste do Brasil, quanto às características de fruto como cor da polpa, cavidade interna, tamanho e formato do fruto e cor da casca. No estudo realizado por Ramos (1996), que avaliou a variabilidade morfo-agronômica de abóbora (*C. moschata*) do Nordeste brasileiro, também se verificou que há variabilidade morfológica para a maioria dos descritores aplicados, no qual se indicou, inclusive, alguns acessos que poderiam constituir futuras populações para seleção com vistas a determinadas estratégias de melhoramento de abóbora (ciclo e características de fruto).

Na parte central do Brasil também existe uma grande variabilidade genética de *C. moschata*. Neste aspecto, Ferreira (2008) relata o trabalho de Ferreira e Lopes (2005), que verificaram nos estados do Tocantins e de Mato Grosso uma grande variabilidade nos padrões de frutos de *C. moschata*, em termos de tamanho (variando de muito grande a muito pequeno), formato (variando de redondo a alongado, com e sem pescoço), padrão da casca dos frutos (vários tipos) e cor da polpa (laranja muito intenso a laranja muito claro). Constataram, ainda, que os produtores desses estados praticam um cultivo tradicional de abóbora, sem o uso de insumos químicos, para consumo da própria família e com o uso de variedades locais presentes há muitos anos nessas regiões, havendo ainda relatos de que as sementes são conservadas pelas famílias há mais de 40 anos. Carmo *et al.* (2006), além de observarem uma ampla variabilidade genética de *C. moschata* na região norte do Espírito Santo e no sul da Bahia, constataram também que a conservação *on farm* de abóboras nessas regiões é uma atividade constante e

tradicional e que a conservação de sementes de variedades tradicionais é feita há mais de 30 anos por algumas famílias.

Considerando a ampla amostra de germoplasma de abóbora preservados *in situ* ou *ex situ* no Brasil e a importância nutracêutica dessa hortaliça, o pré-melhoramento visando biofortificação em carotenoides representa a mais promissora alternativa para ligar esse importante recurso genético a programas de melhoramento. Neste contexto, o pré-melhoramento (*pre-breeding*) visa à identificação de caracteres e/ou genes de interesse, presentes em materiais não adaptados ou em materiais nativos que não foram submetidos a qualquer processo de melhoramento (por exemplo, acessos preservados em bancos de germoplasma) e sua posterior incorporação nos materiais adaptados de elevado potencial produtivo (NASS; PATERNIANI, 2000).

2.3 Carências nutricionais

Os produtos agrícolas (alimentos) são a fonte primária de nutrientes para a população e a demanda por alimentos cresce com o aumento da população mundial. Em 1800, havia um bilhão de habitantes no planeta terra. Atualmente, crescendo a uma taxa média de 1,37% ao ano, a população mundial é de 6,7 bilhões de habitantes e, para 2050, estima-se que a população mundial atinja 9,4 bilhões de pessoas e que no Brasil haverá 260 milhões de pessoas (MORAES *et al.*, 2009).

Embora a produção de alimentos, por meio da revolução verde, tenha acompanhado o crescimento populacional, os problemas de deficiência nutricional têm aumentado, afetando quase metade da população mundial, especialmente mulheres grávidas, adolescentes e crianças. Em razão disso, a agricultura atual tende não apenas a produzir calorias para reduzir a fome, mas também alimentos ricos em nutrientes e vitaminas para reduzir as carências nutricionais subclínicas, conhecidas como “fome oculta” (SALTZMAN *et al.*, 2013).

Vasconcelos (2008) realizou uma releitura da “*Geografia da Fome no Brasil*”, publicada pela primeira vez em 1946 por Josué de Castro, na qual se pôde verificar o perfil epidemiológico nutricional do país, caracterizado pelas carências nutricionais incluindo desnutrição, hipovitaminoses, bócio endêmico, anemia ferropriva, entre outras, nas várias regiões brasileiras.

Mesmo tendo sido identificada há muito tempo no Brasil, a deficiência de vitamina A (hipovitaminose A) continua sendo vista atualmente como um grave problema de saúde pública não só de ordem nacional, mas também em âmbito mundial.

2.3.1 Hipovitaminose A

A vitamina A é uma vitamina lipossolúvel, constituinte do grupo de substâncias orgânicas com estrutura variada, solúveis em solventes orgânicos e sem valor energético, que o organismo não sintetiza ou o faz em quantidade insuficiente (ZANCUL, 2004), sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento do ser humano. Atua na manutenção da visão e no funcionamento adequado do sistema imunológico, atuando como barreira contra as infecções.

É constituída por moléculas contendo 20 carbonos em sua estrutura. O termo vitamina A compreende o retinol e todos os carotenoides dietéticos que tem atividade biológica de transretinol (RAMALHO, 2010).

No âmbito da visão o comprometimento da retina pela DVA pode se dar tanto em decorrência das alterações bioquímicas/funcionais (XN), quanto estruturais (XF). As alterações estruturais são designadas pelo termo xeroftalmia, que é empregado para designar o espectro de sintomas e sinais oculares atribuídos à DVA, cujas manifestações são evolutivas e podem resultar em cegueira nutricional, muitas vezes irreversível. A xeroftalmia inclui: cegueira noturna (XN); xerose da conjuntiva (X1A); mancha de Bitot (X1B); xerose corneal (X2); queratomalácia (X3A e X3B); cicatriz corneal (XS) e *fundus xeroftalmicus* (XF) (SOMMER, 1995; McLAREN; FRIGG, 1999; citados por RAMALHO, 2010).

Por se tratar de um problema de saúde pública, são muitos os dados estatísticos relacionadas à DVA tanto no Brasil quanto em âmbito mundial. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), estima-se que a DVA afeta 190 milhões de crianças pré-escolares e 19,1 milhões de mulheres grávidas no mundo (WHO, 2009). Crianças pré-escolares e as mulheres grávidas são os indivíduos mais vulneráveis em países com desigualdade na distribuição de renda. Em crianças, a DVA é a principal causa da redução visual severa e cegueira. Estima-se que entre 250.000 e 500.000 crianças com DVA tornem-se cegas todo ano no mundo e aproximadamente metade destas crianças morrem dentro deste mesmo período. Em adição a isso, a DVA reduz a resistência às infecções, de modo que o risco de doenças severas e morte causadas por infecções comuns da infância, particularmente doenças diarréicas e sarampo, aumentam significativamente. Em mulheres, a DVA pode ser um importante fator que contribui para a mortalidade materna, gravidez e lactação deficientes, bem como cegueira noturna. Finalmente, a DVA provavelmente aumenta a vulnerabilidade a outras

desordens, tais como anemia, tanto em mulheres como em crianças, e provoca redução de crescimento em crianças. Estima-se que 118 países sejam afetados por DVA e, entre crianças abaixo de cinco anos afetadas por DVA, uma soma de três milhões destas tem lesões oculares de xerofthalmia e entre 100 e 140 milhões apresentam apenas manifestações subclínicas (WHO, 2000).

No Brasil, alguns estudos evidenciam que a maior prevalência de hipovitaminose A se encontra nos estados da região Nordeste (SOUZA; VILAS BOAS, 2002; PEREIRA *et al.*, 2008). Segundo revisão apresentada por Souza e Vilas Boas (2002) sobre o panorama da DVA no Brasil, valores plasmáticos indicativos de endemicidade foram encontrados em crianças de diferentes áreas de Pernambuco, em escolares e pré-escolares do Vale do Jequitinhonha (MG) e em pré-escolares filhos de migrantes de baixa renda de Ribeirão Preto (SP). Faltam informações nacionais e regionais que sejam representativas da magnitude do problema, mas há fortes evidências que a DVA seja prevalente em toda região semiárida brasileira.

Magalhães (1997), avaliando parâmetros nutricionais em pré-escolares de creches municipais de Viçosa-MG, relacionados com anemia e deficiência de vitamina A, também encontrou 15% de prevalência de crianças com valores inadequados de retinol sérico. As refeições das creches mostraram-se deficientes, concluindo-se que a população estudada aparenta ser de risco, em relação à deficiência de ferro e de vitamina A, merecendo cuidados e atenção especiais dos órgãos públicos de saúde. Na avaliação dietética realizada por Pereira *et al.* (2008), em pré-escolares em Teresina – PI, também foi observado baixo consumo de alimentos ricos em vitamina A.

Ramalho *et al.* (2002) relataram os resultados de uma revisão da literatura sobre a carência de vitamina A publicada de 1970 a 2000, com ênfase na América Latina e, em especial, no Brasil. O Brasil foi classificado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) como área de carência sub-clínica grave. De fato, os inquéritos bioquímicos disponíveis confirmam que a DVA é um problema de saúde pública nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Ceará, Bahia e Amazonas. Com este levantamento os autores concluíram que, no Brasil, pensava-se que o problema estaria limitado às regiões mais pobres do Norte e Nordeste, mas os dados da região Sudeste em nada diferem dos dados dessas regiões, tornando a DVA independente do mapa econômico do país.

2.3.2 Carência em luteína

No funcionamento da visão, estudos mostram que no centro da retina, região de elevada acuidade visual, é possível a visualização de uma mancha amarela chamada mácula, pigmento da retina responsável pela visão nítida das imagens. Sua cor amarela se deve a presença de luteína e zeaxantina, os dois únicos carotenoides presentes no olho, em quantidade muito maior do que em qualquer outro tecido humano (YEUM *et al.*, 1995).

Cientistas acreditam que o pigmento da mácula protege a retina. A densidade do pigmento na mácula tem sido usada como parâmetro para uma vida saudável. De forma seletiva, a mácula concentra luteína e zeaxantina em uma fina camada de tecido retiniano que cobre essa área do olho. O mecanismo de proteção da retina pela luteína e zeaxantina deve-se à limitação do estresse oxidativo e à capacidade destas em filtrar a luz azul danosa aos tecidos. De acordo com Bone *et al.* (2001) e Deli *et al.* (2004), a luteína e a zeaxantina absorvem 20-90% da luz azul incidente na retina, reduzindo a extensão do dano fotooxidativo.

A degeneração macular relacionada à idade (DMRI) é uma doença ocular grave capaz de causar cegueira nas pessoas com mais de 65 anos. A DMRI atinge a capacidade visual, causando redução da clareza visual, podendo ainda resultar em rápida e dramática perda da visão. É por esta razão que a DMRI tem despertado grande atenção por parte dos profissionais da área da saúde (CARVALHO, 2000; SOUTON *et al.*, 2003).

No Brasil estima-se que exista cerca de um milhão de casos de DMRI. No entanto, dados do Conselho Brasileiro de Oftalmologia estimam que aproximadamente 2,9 milhões de brasileiros, com mais de 65 anos, apresentam casos de degeneração macular (LAJOLO, 2004, citado por STRINGHETA *et al.*, 2009).

2.4 Carotenoides e sua relação com a saúde humana

Há um crescente interesse na relação entre alimentação e saúde, destacando-se o consumo de antioxidantes naturalmente presentes em alimentos, como a vitamina C, vitamina E, carotenoides e compostos fenólicos, já que diversas alegações de saúde têm sido atribuídas a esses compostos (CAMPOS *et al.*, 2009).

Os carotenoides são tetraterpenóides, sendo uma classe de pigmentos amarelo-alaranjado-vermelhos distribuídos em várias frutas, hortaliças, temperos e ervas, os

quais constituem uma família de mais de 600 membros já identificados na natureza, sendo que cerca de 60 apresentam atividade pró-vitáminica A, ou seja, podem funcionar como precursores de vitamina A em mamíferos (OLSON, 1989). Todavia, segundo Zeraik e Yariwake (2008), do total de carotenoides existentes na natureza, somente cerca de 20 estão presentes em tecidos e no plasma humano, dos quais apenas seis em quantidades significativas: α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina (Figura 1).

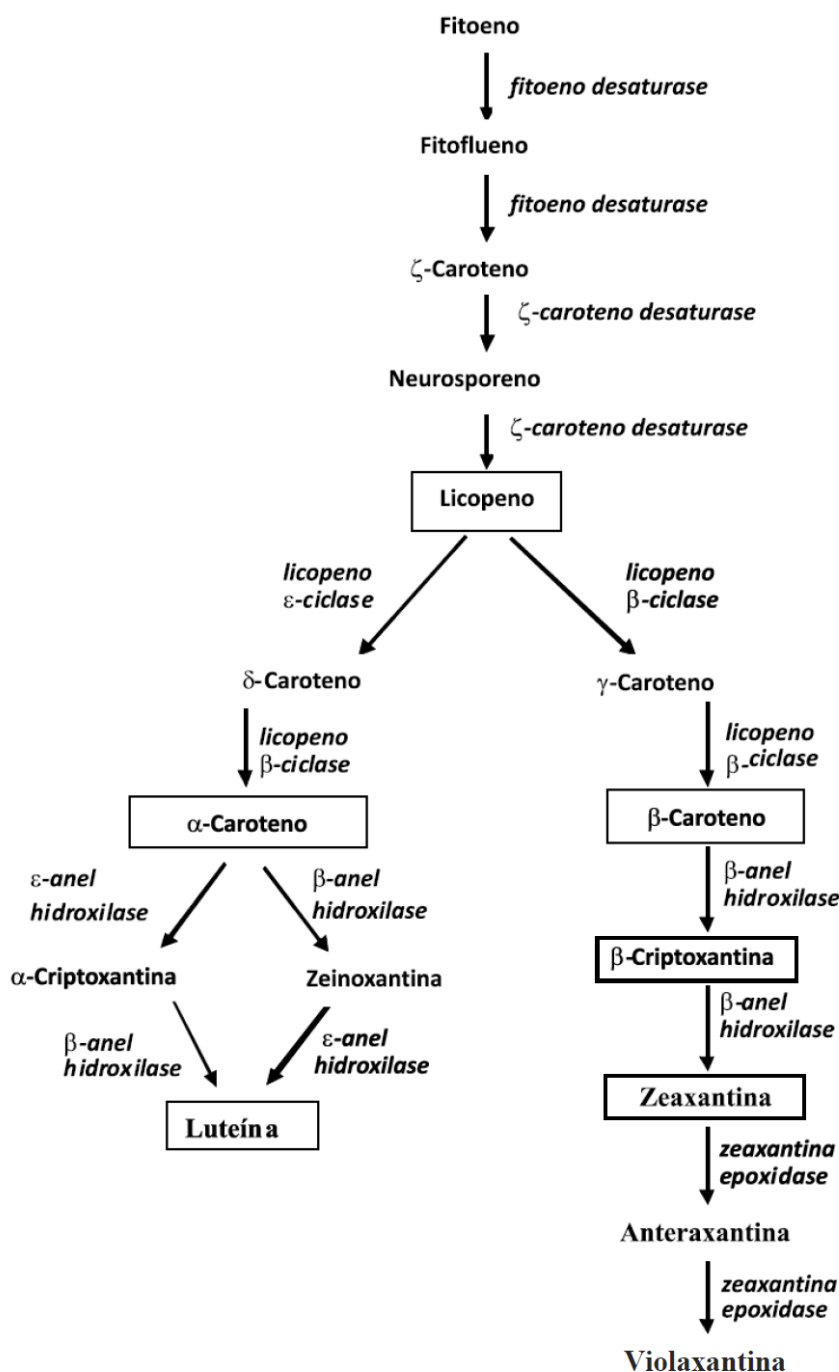


Figura 1 - Seis principais carotenoides presentes em tecidos e no plasma humano, destacados nas últimas etapas da biossíntese de carotenoides. Adaptado de RODRIGUEZ-AMAYA *et al.* (2008b). Viçosa, MG

De acordo com Torres *et al.* (2008), os carotenoides caracterizam-se pela captação da energia do oxigênio singlete, produzido pela fotosensibilização. Por não serem necessários aos mamíferos, com adequada ingestão de vitamina A na dieta, não são considerados essenciais. Entretanto, na ausência de adequada ingestão de vitamina A por meio de alimentos de origem animal, eles tornam-se essenciais.

No que diz respeito aos carotenoides, com atividade pró-vitamina A ou não, estes possuem outros efeitos na promoção da saúde, como: redução do risco de desenvolvimento de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração macular, como é o caso da luteína. Estes mecanismos fisiológicos têm sido atribuídos por quelar o oxigênio singlete e interagir com radicais livres. Mas, além disso, os carotenoides parecem estar envolvidos também em outros mecanismos de ação, como: metabolismo carcinogênico, regulação do crescimento celular, inibição da proliferação celular, entre outros (RODRIGUEZ *et al.*, 2006).

Segundo Holick *et al.* (2002), o alto consumo de frutas e hortaliças, particularmente uma dieta rica em carotenoides, pode reduzir o risco de câncer de pulmão. De acordo com revisão apresentada por Gomes (2007) sobre a importância de carotenoides na proteção contra o câncer, sob condições fisiológicas de pressão de oxigênio e adequadas concentrações plasmáticas (1 a 4-5 μM), o β -caroteno é capaz de prevenir danos celulares; diminuir os níveis de espécies de oxigênio reativas no meio intra-celular, reduzindo os riscos de lesão de material genético; e promover ação antioxidante em células pulmonares expostas a nitrosaminas específicas do tabaco. Em condições de alta tensão de oxigênio pode ocorrer um decréscimo da ação antioxidante do β -caroteno (auto-oxidação).

Alguns autores relatam que suplementações com altas doses de β -caroteno também devem ser atentamente acompanhadas, uma vez que podem prejudicar sua habilidade protetora e/ou a reverterem em pró-oxidativa, neste último caso podendo, inclusive, promover uma lesão de material genético. Entretanto, Gomes (2007) afirma que efeitos reversos resultam de níveis de ingestão de β -caroteno que são impraticáveis por meio da alimentação, exclusivamente, não havendo necessidade de supressão ou alerta sobre o consumo de alimentos ricos em β -caroteno, especialmente em países como o Brasil, que apresentam importantes carências nutricionais.

O α -caroteno, segundo carotenóide em termos percentuais da polpa de abóbora, é descrito como supressor da tumorigênese na pele, no pulmão, no fígado e no cólon, demonstrando, inclusive, uma atividade de supressão superior à promovida pelo β -caroteno (GOMES, 2007).

A luteína, carotenóide diidroxilado pertencente à classe das xantofilas de coloração amarela, atua como antioxidante protegendo as células dos danos oxidativos. Conseqüentemente, reduz o risco de desenvolvimento de algumas doenças crônicas degenerativas, uma vez que o estresse oxidativo e a atuação dos radicais livres são os maiores fatores associados à iniciação e propagação do desenvolvimento destas doenças (SOUTHON; FAULKES *et al.*, 2003; EL-AGAMEY *et al.*, 2004).

Dada à importância da abóbora como alimento nutracêutico, ou seja, de proporcionar benefícios de saúde, além da nutrição básica, Caili *et al.* (2006) relataram as principais propriedades medicinais e tecnologias para recuperação de compostos bioativos de abóbora. Segundo esses autores, a polpa e sementes de abóbora tem mostrado atividade hipoglicêmica em ratos e coelhos normais ou com diabetes induzida. O pó comum de abóbora (ou com açúcar removido) mostrou uma redução significativa da glicose sanguínea e aumentou a insulina no plasma em ratos. Noutro experimento, coelhos com diabetes induzida que foram suplementados com pó de abóbora tiveram uma redução da glicose sanguínea, do colesterol total e de triglicerídeos. Além disso, são relatadas as propriedades antibacterianas, hipocolesterolêmico, antioxidante, anticâncer, antimutagênico e anti-helmíntico (GUARRERA, 1999; CAILI *et al.*, 2006).

2.5 Abóbora como fonte de carotenoides

Dentre as abóboras (*C. moschata*) há uma enorme variabilidade para o conteúdo total de carotenoides, tanto em germoplasma de *C. moschata* pertencente ao centro de diversidade brasileiro quanto de outros países, o que permite a seleção de genótipos promissores para uso em programas de melhoramento visando a biofortificação dos frutos.

Os carotenoides são designados como formas pró-vitâmicas, por sua capacidade de bioconversão a retinol. Existem mais de 600 formas de carotenoides na natureza e diversos possuem atividade de pró-vitamina A, porém, a atividade de transretinol varia de acordo com o tipo de carotenóide e depende, primeiramente, da forma em que são ingeridos: medicamentosa (suplementos) ou dietética (alimentos). Esta última depende, ainda, da biodisponibilidade dos carotenoides nas fontes alimentares. Por fim, há ainda a taxa de bioconversão, que também é variável de acordo com o tipo de carotenóide, sendo que, segundo dados revisados pelo *International Life Sciences Institute* (RAMALHO, 2010), o β -caroteno é reconhecido como o mais potente precursor de retinol.

Os carotenoides são convertidos em vitamina A, à medida que o organismo necessita, com graus variáveis de eficiência. As formas de caroteno pró-vitamina A são encontradas nas hortaliças folhosas verde-escuras e nas amarelo-alaranjadas, sendo que o β -caroteno é o carotenóide pró-vitamina A mais ativo (CARVALHO *et al.*, 2006).

No caso da abóbora, os principais carotenoides presentes são β -caroteno e α -caroteno, enquanto em *C. maxima* e *C. pepo* luteína e β -caroteno são predominantes (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). Neste trabalho, foram determinadas as diferenças quantitativas e qualitativas da composição de carotenoides das três espécies de importância econômica do gênero *Cucurbita*. As espécies *C. moschata* ‘Menina Brasileira’ e *C. moschata* ‘Goianinha’ tiveram perfis similares, com β -caroteno (66,7 e 56,7 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente) e α -caroteno (26,8 e 23,8 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente) como os principais carotenoides. O híbrido ‘Tetsukabuto’ assemelhou-se à *Cucurbita pepo* ‘Mogango’, com a luteína (56,6 e 9,8 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente) e o β -caroteno (30,5 e 5,4 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente) sendo os principais carotenoides. Já a *C. maxima* ‘Exposição’ apresentou um perfil diferente, com o predomínio de violaxantina (20,6 $\mu\text{g g}^{-1}$), seguida por β -caroteno (15,4 $\mu\text{g g}^{-1}$) e luteína (10,7 $\mu\text{g g}^{-1}$).

Dada a importância da abóbora no suprimento de carotenoides ao organismo humano, principalmente β -caroteno (pró-vitamina A), alguns estudos de variabilidade de carotenoides em germoplasma tem sido realizados.

Amariz *et al.* (2009), em um estudo de caracterização da qualidade comercial e do teor de carotenoides de frutos de 14 acessos de *Cucurbita moschata* pertencentes ao BAG de Cucurbitáceas da Embrapa Semi-Árido, identificaram um genótipo superior (Acesso 620), que reuniu, entre outros atributos, menor ângulo de cor da polpa (apresentando cor laranja intenso), maior teor de sólidos solúveis, maior acidez titulável e maior teor de carotenoides totais (equivalente a 78,5 $\mu\text{g g}^{-1}$). Os autores sugeriram a inclusão deste acesso em programas de pré-melhoramento e melhoramento genético de cucurbitáceas. Neste mesmo trabalho os autores identificaram o acesso 704 como o de menor teor de carotenoides entre os genótipos avaliados, tendo apresentado apenas 19,1 $\mu\text{g g}^{-1}$.

De outra forma, Ramos Neto *et al.* (2008) observaram teores de carotenoides totais variando entre 16,72 e 244,12 $\mu\text{g g}^{-1}$ em acessos de *C. moschata* pertencentes ao BAG de Cucurbitáceas da Embrapa Semi-Árido, evidenciando a existência de genótipos contrastantes, cujo limite superior do teor de carotenoides extrapola em muito ao do acesso identificado por Amariz *et al.* (2009). Neste caso, parte da discrepância dos dados pode estar relacionada às diferenças genéticas entre as amostras estudadas, a

diferentes metodologias de quantificação do teor de carotenoides em laboratório ou mesmo às alterações das condições de cultivo.

Assis *et al.* (2007), avaliando 23 acessos de abóbora do BAG de Cucurbitáceas para o Nordeste brasileiro, encontraram concentrações de carotenoides totais cujos valores situaram-se entre 7,02 $\mu\text{g g}^{-1}$ (A – 26) e 138,56 $\mu\text{g g}^{-1}$ (A – 54). 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 $\mu\text{g g}^{-1}$ noutro estudo.

Moura (2003) constatou como principais fontes promissoras de carotenoides totais os acessos BAG-117 e BAG-186, dentre 13 acessos e três híbridos comerciais avaliados. Houve grande variação no teor de carotenoides totais entre os acessos analisados. A maior quantidade de carotenoides totais foi encontrada nos genótipos BAG-117 e BAG-186 (251,3 e 234,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa da polpa do fruto, respectivamente), enquanto, o híbrido comercial Bárbara apresentou o menor valor (17,60 $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa da polpa do fruto). Neste trabalho de caracterização foram utilizados 17 descritores morfoagronômicos e um nutricional (teor de caroteno total), tendo sido detectada correlação genotípica positiva entre os caracteres teor de carotenoides totais e matéria seca (0,62), indicando que é possível obter ganhos por meio de seleção indireta.

Boiteux *et al.* (2007), caracterizando a cultivar “Brasileirinha” (*C. moschata*), observaram que em frutos em completo estágio de maturação (polpa laranja-intensa) o acúmulo de carotenoides totais foi de cerca de 243 $\mu\text{g g}^{-1}$ com β -caroteno perfazendo um total de cerca 160,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ (66,2%) e α -caroteno com cerca de 82,1 $\mu\text{g g}^{-1}$ (33,8%).

Gwanama *et al.* (2002), avaliaram o conteúdo de β -caroteno de 15 variedades locais de abóbora (*C. moschata*) em Zâmbia, tendo observado teor deste carotenóide variando de 1,90 a 49,98 $\mu\text{g g}^{-1}$ para algumas destas variedades. Nesse trabalho, também se verificou uma alta correlação (0,87; $\alpha=0,01$) entre β -caroteno e a cor do extrato da polpa. Frutos com baixo teor de β -caroteno apresentaram extrato de cor amarelo-claro, aqueles com teor intermediário foram amarelo-intenso e outros com alto conteúdo de β -caroteno foram laranja-intenso. No Brasil, vários estudos tem sido desenvolvidos dentro deste enfoque.

Todavia, essa grande faixa de variação no teor de carotenoides que tem sido observada pode sofrer influência de outros fatores. Rodríguez-Amaya (1999) salienta que ao lado das diferenças varietais, variações substanciais na concentração de carotenoides podem ser observadas dentro de uma mesma variedade de abóbora, cujas

amplitudes de variação são muito maiores que aquelas observadas em outros frutos e hortaliças. Em melancia, Perkins-Veazie e Collins (2006), por exemplo, observaram que a biossíntese de carotenoides pode ser afetada pela temperatura e armazenamento. Estes autores chegaram a essa conclusão após ter armazenado três tipos de cultivares de melancia (polinização aberta, híbridos e tipo “seedless”) em 5, 13 e 21 °C por 14 dias, tendo verificado que frutos de duas cultivares armazenados em 21 °C tiveram aumento em pH, cor e teor de carotenoides (11 a 40% em licopeno e 50 a 139% em β -caroteno) comparado aos frutos frescos, refletindo aumento da atividade enzimática.

Várias considerações importantes sobre as variações observadas no conteúdo de carotenoides mediante determinadas condições foram feitas por Rodriguez-Amaya (1997). Assim, a avaliação de cultivares alimentícias ricas em pró-vitamina A deve ocorrer no estágio ótimo de maturação, no qual o alimento encontra-se apropriado para o processamento e quando ele contém um alto nível de pró-vitamina A (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997). Todavia, no caso da abóbora em que variações no conteúdo de carotenoides podem ocorrer ao longo do período pós-colheita, seja devido à idade de colheita ou às próprias condições de armazenamento, a realização de estudos visando identificar genótipos como fontes de alto teor de carotenoides deve levar este aspecto em consideração, para permitir uma melhor comparação entre os genótipos.

Considerando-se a importância da vitamina A na prevenção de doenças e a riqueza da abóbora em carotenoides (pró-vitamina A e luteína), a avaliação da qualidade nutricional de acessos de abóbora para estes importantes componentes da dieta alimentar do brasileiro mostra-se de fundamental importância.

2.6 Biofortificação de abóbora no controle de carências nutricionais

Pesquisas recentes têm demonstrado que o melhoramento de plantas pode ajudar a melhorar a dieta humana, com o desenvolvimento de plantas com maiores teores de vitaminas e de micronutrientes (HARVESTPLUS, 2009; citado por (MORAES *et al.*, 2009). Neste sentido surge a biofortificação dos alimentos como um novo paradigma para a agricultura e uma ferramenta para melhorar a saúde humana, de modo sustentável e potencialmente efetiva em termos de custo (BOUIS, 1999), uma vez que é fundamentalmente mais barato aumentar o conteúdo de nutrientes no produto agrícola do que incorrer indefinidamente nos custos da fortificação.

A biofortificação envolve técnicas de melhoramento visando o desenvolvimento de cultivares alimentícias com porções mais densas em minerais e vitaminas

biodisponíveis, que por sua vez contribuirão para corrigir, erradicar ou prevenir de forma eficiente doenças causadas por deficiências nutricionais.

Segundo Moraes *et al.* (2009), as atividades de pesquisa em biofortificação estão divididas em dois macroprogramas, HarvestPlus (que conta com o apoio da Fundação Bill e Melinda Gates – BMGF, Banco Mundial, etc) e AgroSalud (que conta com o apoio da Agência Canadense para o Desenvolvimento Internacional – CIDA). O programa AgroSalud está voltado para pesquisas em biofortificação na América Latina e no Caribe, trabalhando em parceria com o HarvestPlus.

No Brasil a biofortificação iniciou-se em 2004, com as atividades sendo coordenadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), na qual, no momento, estão sendo pesquisados: arroz, feijão, batata-doce, mandioca, milho, feijão-caupi, trigo e abóbora. As atividades de biofortificação no Brasil contam com o apoio, além de parceiros nacionais e internacionais, do Fundo de Pesquisa Embrapa-Monsanto, através do projeto BioFORT (MORAES *et al.*, 2009).

Este processo tem as seguintes vantagens: não requer mudanças no comportamento de práticas agronômicas dos produtores e nem dos hábitos alimentares dos consumidores; não altera de forma drástica a aparência, gosto, textura ou preparo dos alimentos; proporciona uma alta cobertura populacional com baixo risco de toxicidade, mediante consumo não abusivo; substitui o uso de suplementos dietéticos; e aumenta a produtividade da indústria de alimentos. Esta estratégia complementa outros métodos de erradicação de deficiências nutricionais e apresenta-se como uma importante alternativa para regiões onde há dificuldade para se encontrar alimentos fortificados industrializados, como é o caso das comunidades rurais que praticam a agricultura tradicional no interior do estado de Minas Gerais.

No caso da DVA, como estratégias de controle, deve-se combinar um melhoramento da dieta, suplementação e fortificação dos alimentos. A importância de cada uma destas estratégias no combate à DVA dependerá das condições locais, sendo que o melhoramento da dieta mostra-se como a solução ideal, incluindo amamentação para os recém-nascidos e disponibilização de alimentos ricos em vitamina A para consumo pelas crianças mais velhas e o restante da população (WHO, 2000).

Neste contexto, a biofortificação dos alimentos com carotenoides pró-vitamina A tem sido considerada a principal estratégia para redução da DVA em países em desenvolvimento e a sua implementação está estritamente ligada ao desenvolvimento de programas de melhoramento genético das culturas alimentícias. Entre os parâmetros definidos pela OMS e UNICEF, na década de 1980, para combate à DVA, os quais

ainda são adequados para a situação atual no Brasil, está o enriquecimento de determinados alimentos com vitamina A. Esses alimentos devem ser de baixo custo, boa aceitação cultural, sabor adequado após o enriquecimento e serem consumidos em quantidades limitadas para evitar problemas de toxicidade. Esse mesmo raciocínio é válido para fortificação dos alimentos quanto à luteína, visando à prevenção da degeneração macular relacionada à idade (DMRI).

A abóbora atende a esses pré-requisitos e possui ampla variabilidade genética a ser explorada para conteúdo de carotenoides em Bancos de Germoplasma nacionais, a exemplo do BGH, da Universidade Federal de Viçosa. Queiróz (2004), estima que dos acessos encerrados em bancos de germoplasma no Brasil apenas cerca de 25% tenham sido avaliados, com vários genes úteis tendo sido encontrados. Assim, considerando-se o elevado número de acessos de *C. moschata* que encontram-se preservados em bancos de germoplasma no Brasil e que ainda não foram caracterizados e/ou avaliados (cerca de 90%), há uma enorme possibilidade de se encontrar novos genes úteis para a biofortificação de abóboras em carotenoides.

É importante ressaltar ainda que vários estudos tem sido desenvolvidos com a utilização da abóbora no âmbito da agroindústria visando o suprimento de carotenoides. Um destes estudos foi realizado por Ambrósio *et al.* (2006), os quais avaliaram flocos desidratados de abóbora, afirmando que este é um produto barato, de fácil processamento e boa aceitabilidade, em cuja composição foram detectados $1070,8 \mu\text{g g}^{-1}$ de carotenoides e $19,5 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de fibra alimentar. Futuras investigações poderão comprovar a efetividade destes produtos no combate à hipovitaminose A em seres humanos.

De outra forma, visando à elaboração de um produto de massa alimentícia rico em pró-vitamina A, Eça *et al.* (2008) utilizaram pasta de abóbora em pastel como um insumo enriquecedor substituindo parte da farinha de trigo. Associada à análise sensorial satisfatória, a análise da composição química mostrou ser a pasta de abóbora fonte não só de carotenoides, mas também de proteína e minerais, o que a torna uma importante matéria-prima para obtenção de novos produtos para o combate a hipovitaminose A. Com a geração de novos produtos não apenas os consumidores são favorecidos, mas o cultivo da abóbora no Brasil é estimulado, trazendo benefícios tanto para os produtores rurais como para a agroindústria.

Trabalhos de caracterização da variabilidade genética de germoplasma de abóbora visando disponibilizar estes recursos genéticos para programas de melhoramento vem sendo desenvolvidos (GWANAMA *et al.*, 2002; MURKOVIC *et al.*, 2002; MOURA,

2003; ASSIS *et al.*, 2007; AMARIZ., 2009). Todavia, a maioria dos trabalhos já realizados com esse objetivo deu ênfase apenas às variáveis de composição de carotenoides ou do potencial agrônômico dos genótipos, isoladamente. Entretanto, para que uma cultivar biofortificada possa ser adotada, ou seja, para que a população-alvo seja beneficiada com tal ação, alguns critérios devem ser observados (WELCH; GRAHAM, 2005). Entre eles destacam-se a produtividade e aspectos favoráveis de frutos que garantam ampla aceitação entre os agricultores. Além destas limitações, entre os trabalhos de caracterização da variabilidade genética de germoplasma de abóbora, poucos identificam os acessos promissores em relação à frequência de alelos favoráveis e à sua diversidade genética, seja por método preditivo ou biométrico.

A identificação de genitores com elevada atividade pró-vitáminica A e alto desempenho agrônômico, com posterior desenvolvimento de cultivares superiores, estimulará o cultivo da abóbora em várias regiões produtoras e/ou com carência nutricional de vitamina A no Brasil. Em razão da ampla adaptabilidade de cultivo, essa hortaliça possui um enorme potencial para ser explorada especialmente na agricultura familiar, que usa pouco ou nenhum insumo agrícola. Em última análise a biofortificação da abóbora tem como finalidade agregar valor ao produto e trazer benefícios não apenas aos consumidores, mas também, aos agricultores e agroindústrias, fortalecendo toda a cadeia produtiva desta cultura, até então subutilizada.

2.7 Estimativa indireta de carotenoides na biofortificação de hortaliças

Os carotenoides podem ser quantificados e qualificados em alimentos por várias técnicas, como espectrofotometria, espectrometria de massa, cromatografia líquida de alta eficiência, cromatografia a gás e colorimetria (VERONEZI; JORGE, 2011). De acordo com Carvalho *et al.* (2005), a metodologia padrão para determinação de β -caroteno em hortaliças é realizada por meio de análise espectrofotométrica ou via “High Performance Liquid Chromatography” (HPLC), sendo esta última a metodologia atualmente preferida (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008b).

Em geral, os carotenoides são analisados quantitativamente por extração com solventes específicos, filtração, e a utilização de vários métodos baseados em espectrofotometria. A separação e quantificação precisa de cada carotenóide é feita por meio do sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Entretanto, são vários os fatores que fazem da metodologia via CLAE uma análise inerentemente difícil, a saber: a existência de um grande número de carotenoides na matriz alimentícia;

a variabilidade qualitativa e quantitativa da composição dos alimentos; a ampla variação nas quantidades dos carotenoides dentro de um mesmo alimento; a distribuição não uniforme dos carotenoides entre amostras e ainda dentro de uma mesma amostra; a natureza variável das matrizes alimentícias e; a suscetibilidade dos carotenoides à isomerização e oxidação durante a análise ou durante a estocagem da amostra antes da análise (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008b).

A disponibilidade de métodos simples, práticos e de baixo custo acelera o processo de identificação e seleção de linhagens com maiores teores de carotenoides dentro dos programas de melhoramento genético de hortaliças e tem sido investigada por meio da relação existente entre a cor e a concentração de carotenoides.

A colorimetria é um método instrumental menos variável, rápido e mede pequenas diferenças não detectadas pela percepção do olho humano (BARRETT *et al.*, 2010). Alguns colorímetros são portáteis e sua aquisição, apesar de ligeiramente dispendiosa, requer a aplicação de recursos em uma proporção significativamente menor, quando comparado, por exemplo, ao sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

No fundo da retina do olho humano, existem dois tipos de receptores. Os bastonetes, que são sensíveis à claridade e escuridão, e os cones, à cor (BOYNTON, 1979). Os cones podem ser divididos em receptores sensíveis ao vermelho (comprimento de onda longo), verde (comprimento de onda médio), e azul (comprimento de onda curto) de luz. A resposta integrada tricromática dos cones sensíveis ao vermelho, verde e azul estimula a forma como percebemos a cor. Cada pigmento em frutas e vegetais corresponde a uma cor primária - vermelho, azul e verde (GROSS, 1987). Colorímetros triestímulos simulam o olho humano, substituindo os receptores pelos filtros, um para cada cor primária. A cor pode ser adicionalmente caracterizada pela determinação da luminosidade (leveza ou grau com que um objeto reflete a luz) e a saturação (intensidade de cor).

A comissão internacional “Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)” é o órgão internacional que rege a medição da cor. O espaço de cor pode ser dividido em uma área retangular tridimensional (L^* , a^* , b^*) (Figura 2), de forma que o eixo L^* (luminosidade) passa verticalmente do 0 (preto perfeito) a 100 (branco perfeito) em refletância ou transmissão perfeita da claridade (HUNTERLAB, 1996; LEGGETT, 2004; citados por BARRETT *et al.*, 2010). O eixo a^* (vermelho para verde) considera os valores positivos como o vermelho e os negativos como verde; 0 é neutro. O eixo b^* (azul para amarelo) expressa valores positivos como amarelo e valores negativos como

azul; 0 é neutro. Frutas e hortaliças são freqüentemente descritas em termos de seus valores L^* , a^* , b^* . Para frutas, a razão a^*/b^* é bastante útil, pois a relação é negativa para as frutas verdes, aproximadamente 0 para frutas amarelas, e positiva para frutas laranjas a vermelhas (GROSS, 1987).

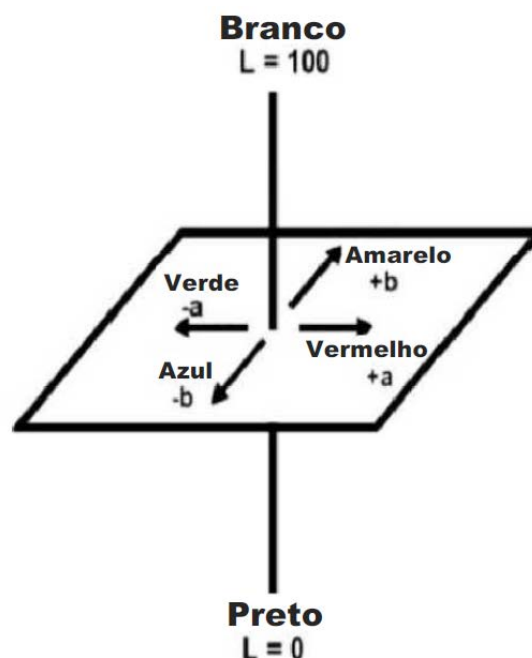


Figura 2 - Diagrama representando o espaço tridimensional de cor (L^* , a^* , b^*). Adaptado de (BARRETT *et al.*, 2010). Viçosa, MG

A cor pode ser determinada instrumentalmente usando colorímetros ou espectrofotômetros. Colorímetros fornecem medidas que podem ser correlacionadas com a percepção integrada do olho-cérebro humano, e dão os valores triestímulos (L^* , a^* e b^*) diretamente (BARRETT *et al.*, 2010). Os colorímetros são normalmente bastante robustos e desejáveis para avaliações rotineiras de controle de qualidade.

Considerando-se que o sistema de leitura colorimétrica é mais barato, mais simples e mais rápido do que a metodologia padrão de análise de carotenoides, que envolve a extração química dos pigmentos, este processo vem sendo investigado em programas de biofortificação de algumas hortaliças. Uma das primeiras tentativas para substituir a análise química pela colorimetria foi a determinação de β -caroteno em batata-doce (FRANCIS, 1969). Atualmente, a predição da concentração de carotenoides tem sido proposta para várias hortaliças a partir do ajuste de equações de regressão com base nos parâmetros colorimétricos, conforme relatado para cenoura (PEREIRA, 2002), abóboras (SERO CZYŃSKA *et al.*, 2006; ITLE; KABELKA, 2009), tomate (ARIAS *et*

al., 2000; CARVALHO *et al.*, 2005), batata (LU *et al.*, 2001), entre outras (LANCASTER *et al.*, 1997).

A principal justificativa para o uso da estimativa indireta de compostos nutricionais está relacionada à complexidade das marchas analíticas e ao elevado número de genótipos que precisa ser avaliado, seja para o estabelecimento ou desenvolvimento dos programas de biofortificação. Na fase de pré-melhoramento, por exemplo, centenas de acessos que se encontram preservados em bancos de germoplasma precisam ser caracterizados quanto à concentração do composto de interesse e, em etapas intermediárias dos programas, são realizadas seleções entre e/ou dentro de famílias de meio-irmãos, irmãos completos ou endogâmicas, que envolvem análises de centenas ou milhares de plantas. A seleção de indivíduos dentro de famílias superiores tem merecido considerável atenção por parte dos melhoristas, uma vez que, em muitas estruturas de famílias, considerável proporção da variância genética aditiva permanece disponível entre as plantas dentro de progênies (NEGREIROS, 2006). Na seleção entre e dentro de famílias, em uma primeira etapa identificam-se as melhores famílias com base na média da parcela e, posteriormente, selecionam-se, nas famílias, os indivíduos com melhor desempenho (SAMPAIO *et al.*, 2000). Assim, o desenvolvimento de equações preditivas da concentração de β -caroteno é de fundamental importância em programas de melhoramento de abóbora visando biofortificação em carotenoides.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANCIO, R. D.; SILVA, M. V. Consumo de carotenoides no Brasil: a contribuição da alimentação fora do domicílio. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 19, n. 2, p. 130-141, 2012.
- AMARIZ, A.; LIMA, M. A. C.; BORGES, R. M. E.; BELÉM, S. F.; PASSOS, M. C. L. M. S.; TRINDADE, D. C. G.; RIBEIRO, T. P. Caracterização da qualidade comercial e teor de carotenoides em acessos de abóbora. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2009, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Águas de Lindóia, SP: Horticultura Brasileira, 2009. p. S541-S547.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, A. C.; FARO, Z. P. D. Aceitabilidade de flocos desidratados de abóbora. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 39-45, 2006.
- ARIAS, R.; LEE, T. C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 5, p. 1697-1702, 2000.
- ASSIS, J. G. A.; RAMOS NETO, D. C.; DRUZIAN, J. I.; SOUZA, C. O.; ARAGÃO, C. A.; QUEIRÓZ, M. A. Identificação de acessos de abóbora (*Cucurbita moschata*) com altos teores de carotenóides. In: 4º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE CUCURBITÁCEAS, 2007, Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro, BA: Horticultura Brasileira, 2007.
- AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4027-4033, 2007.
- BARRETT, D. M.; BEAULIEU, J. C.; SHEWFELT, R. 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**, v. 50, n. 5, p. 369-389, 2010.
- BOITEUX, L. S.; NASCIMENTO, W. M.; FONSECA, M. E. D. N.; LANA, M. M.; REIS, A.; MENDONÇA, J. L.; LOPES, J. F.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. 'Brasileirinha': cultivar de abóbora (*Cucurbita moschata*) de frutos bicolores com valor ornamental e aptidão para consumo verde. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 1, p. 103-106, 2007.
- BONE, R. A.; LANDRUM, J. T.; MAYNE, S. T.; GOMEZ, C. M.; TIBOR, S. E.; TWAROSKA, E. E. Macular pigment in donor eyes with and without AMD: a case-control study. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 42, n. 1, p. 235-240, 2001.
- BOUIS, H. E. Economics of enhanced micronutrient density in food staples. **Field Crops Research**, v. 60, n. 1, p. 165-173, 1999.
- BOYNTON, R. M. **Human color vision**. Holt Rinehart and Winston, 1979. 277 p.

CAILI, F.; HUAN, S.; QUANHONG, L. A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. **Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)**, v. 61, n. 2, p. 70-77, 2006.

CAMPOS, F. M.; MARTINO, H. S. D.; SABARENSE, C. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 4, p. 481-490, 2009.

CARMO, C. A. S.; LOPES, J. F.; FERREIRA, M. A. J. F. Diagnóstico sobre a distribuição geográfica e as condições de conservação on farm de *Cucurbita* ssp. na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia. In: 46º CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2006, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia, GO: Horticultura Brasileira, 2006.

CARVALHO, L. S. **Distribuição qualitativa e quantitativa de carotenóides e seus metabólitos em tecidos oculares**. 2000. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia d Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura brasileira**, v. 24, n. 4, 2006.

CARVALHO, W.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, H. R.; BOITEUX, L. S.; GIORDANO, L. B. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 819-825, 2005.

CEASAMINAS – CENTRAIS DE ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. **Procedência do produto/variedade**. 2012. Disponível em: <<http://www.ceasaminas.com.br>>. Acesso em: 20 de maio 2013.

CHAGAS, M. H. D. C.; FLORES, H.; CAMPOS, F. D. A. C.; SANTANA, R. A. D.; LINS, E. C. B. Teratogenia da vitamina A. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 3, n. 3, p. 247-252, 2003.

CUNHA, A. R. A. A.; ALMEIDA, G. C.; SILVA, T. **Grau de estadualização das frutas e hortaliças ofertadas na CeasaMinas – Unidade Grande Belo Horizonte**. Belo Horizonte: Centrais de Abastecimento de Minas Gerais S/A - CeasaMinas. 2005. 20p.

DELI, J.; MOLNÁR, P.; ÓSZ, E.; TOTH, G.; ZSILA, F. Epimerisation of lutein to 3'-epilutein in processed foods. **Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters**, v. 14, n. 4, p. 925-928, 2004.

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.

EÇA, K. S.; ROCHA, S. D.; BATISTA, M. B.; ABBAS, Â.; HOLANDA, E. H. D. Elaboração e aceitação de massa alimentícia utilizando pasta de abóbora. In: III JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 2008, Bananeiras, PB. **Anais...** Bananeiras, PB, 2008.

EL-AGAMEY, A.; LOWE, G. M.; MCGARVEY, D. J.; MORTENSEN, A.; PHILLIP, D. M.; TRUSCOTT, T. G.; YOUNG, A. J. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 430, n. 1, p. 37-48, 2004.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. UFV, 1987. 279 p.

FAO. **Agricultural Organization of the United Nations**. Rome 2007.

FERREIRA, M. A. J. F. Abóboras e Morangas das Américas para o Mundo. In: BARBIERI, R. L. e STUMPF, E. R. T. (Eds.). **Origem e evolução de plantas cultivadas** ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 59-88.

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

FRANCIS, F. J. Pigment content and color in fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 23, n. 1, p. 32-36, 1969.

FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, v. 43, n. 3, p. 228-265, 2004.

GOMES, F. D. S. Carotenoides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 5, p. 537-548, 2007.

GONZÁLEZ, E.; MONTENEGRO, M. A.; NAZARENO, M. A.; LÓPEZ DE MISHIMA, B. A. Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash (*Cucurbita moschata*). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 51, n. 4, p. 395-399, 2001.

GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M.; BOUIS, H. E. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. **Advances in Agronomy**, v. 70, p. 77-142, 2001.

GROSS, J. **Pigments in fruits**. Academic Press London, 1987. 303 p.

GUARRERA, P. M. Traditional antihelmintic, antiparasitic and repellent uses of plants in Central Italy. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 68, n. 1, p. 183-192, 1999.

GWANAMA, C.; LUNGU, D.; NICTERLEIN, K.; SIMAWACHI, W. Variation of fruit Beta-carotene content of tropical pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) landraces in Zambia. **Noticiário de Recursos Fitogenéticos**, v. 129, p. 44-46, 2002.

HARRISON, E. H. Mechanisms of digestion and absorption of dietary vitamin A. **Annual Review of Nutrition**, v. 25, p. 87-103, 2005.

HOLICK, C. N.; MICHAUD, D. S.; STOLZENBERG-SOLOMON, R.; MAYNE, S. T.; PIETINEN, P.; TAYLOR, P. R.; VIRTAMO, J.; ALBANES, D. Dietary carotenoids, serum β -carotene, and retinol and risk of lung cancer in the Alpha-

Tocopherol, Beta-Carotene cohort study. **American Journal of Epidemiology**, v. 156, n. 6, p. 536-547, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**. 2006. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 21 jan. 2013.

ITTE, R. A.; KABELKA, E. A. Correlation between L^* a^* b^* color space values and carotenoid content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.). **HortScience**, v. 44, n. 3, p. 633-637, 2009.

LANCASTER, J. E.; LISTER, C. E.; REAY, P. F.; TRIGGS, C. M. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 122, n. 4, p. 594-598, 1997.

LU, W.; HAYNES, K.; WILEY, E.; CLEVIDENCE, B. Carotenoid content and color in diploid potatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 6, p. 722-726, 2001.

MAGALHÃES, P. **Parâmetros nutricionais em pré-escolares de creches municipais de Viçosa (MG) relacionados com anemia e deficiência de vitamina A**. 1997. 107 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1997.

MORAES, M. F.; NUTTI, M. R.; WATANABE, E.; CARVALHO, J. L. V. Práticas agrônomicas para aumentar o fornecimento de nutrientes e vitaminas nos produtos agrícolas alimentares. In: LANA, R. P.; MÂNCIO, A. B., *et al* (Eds.). I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 2009, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia-UFV, 2009. p. 299-312.

MOURA, M. C. C. L. **Identificação de fontes de resistência ao Potyvírus ZYMV e diversidade genética e ecogeográfica em acessos de abóbora**. 2003. 86 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

MURKOVIC, M.; MÜLLEDER, U.; NEUNTEUFL, H. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, n. 6, p. 633-638, 2002.

NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 581-587, 2000.

NEGREIROS, J. R. S. **Seleção combinada, massal e entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

OLSON, J. A. Provitamin A function of carotenoids: the conversion of beta-carotene into vitamin A. **The Journal of Nutrition**, v. 119, n. 1, p. 105, 1989.

PEREIRA, A. S. **Teores de carotenóides em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes**. 2002. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

PEREIRA, J. A.; PAIVA, A. D. A.; BERGAMASCHI, D. P.; RONDÓ, P. H. D. C.; OLIVEIRA, G. C. D.; LOPES, I. B. D. M.; ILLISON, V. K.; CARVALHO, C. Concentrações de retinol e de beta-caroteno séricos e perfil nutricional de crianças em Teresina, Piauí, Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 11, n. 2, p. 287-296, 2008.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K. Carotenoid changes of intact watermelons after storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 16, p. 5868-5874, 2006.

QUEIRÓZ, M. A. Germplasm of Cucurbitaceae in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 377-383, 2004.

QUEIRÓZ, M. A. Potencial do germoplasma de cucurbitáceas no Nordeste brasileiro. **Horticultura Brasileira**, v. 11, n. 1, p. 7-9, 1993.

RAMALHO, A. **Vitamina A**. São Paulo: International Life Science Institute, 2010. 27 p.

RAMALHO, M. A. P.; LAMBERT, E. S. Biometria e o melhoramento de plantas na era da genômica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 2, 2004.

RAMALHO, R. A.; FLORES, H.; SAUNDERS, C. Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 12, n. 2, p. 117-122, 2002.

RAMOS NETO, D. C.; PEREIRA FILHO, A. S.; RAMOS, P. I.; ALVAREZ, R. C.; SOUZA, C. O.; VILAS-BOAS, L. A.; OLIVEIRA, C. A.; DRUZIAN, J. I.; ASSIS, J. G. A.; BARBOSA, L. V. Diversidade genética de acessos de abóbora (*Cucurbita moschata*) do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semi-Árido. In: 54º CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 2008, Salvador, BA. **Anais...** Salvador, BA: SBG, 2008. p. 194.

RAMOS, S. R. R. **Avaliação da variabilidade morfoagronômica de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) do Nordeste brasileiro**. 1996. 71 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.

RAMOS, S. R. R.; QUEIRÓZ, M. A.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D., Eds. **Recursos genéticos de *Cucurbita moschata*: caracterização morfológica de populações locais coletadas no Nordeste brasileiro**. QUEIRÓZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro (on line). Versão 1.0. Petrolina: Embrapa Semiárido/Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. Disponível em <<http://www.cpatsa.embrapa.br>>. Acesso em: 20 maio de 2013.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods**. Washington: OMNI, 1997. 93 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008a.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**. Brasília: Ministério de Meio Ambiente, p. 100, 2008b.

RODRÍGUEZ AMAYA, D. Latin American food sources of carotenoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 49, n. 3, supl. 1, p. 74-84S, 1999.

RODRIGUEZ, E. B.; FLAVIER, M. E.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; AMAYA-FARFÁN, J. Phytochemicals and functional foods. Current situation and prospect for developing countries. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, p. 1-22, 2006.

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**, 2013.

SAMPAIO, P. D. T. B.; RESENDE, M. D.; ARAUJO, A. D. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, 2000.

SEROCZYŃSKA, A.; KORZENIEWSKA, A.; SZTANGRET-WIŚNIEWSKA, J.; NIEMIROWICZ-SZCZYTT, K.; GAJEWSKI, M. Relationship between carotenoids content and flower or fruit flesh colour of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.). **Folia Horticulturae**, v. 18, n. 1, p. 51-61, 2006.

SILVA, D. J. H.; MOURA, M.; 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.

SOUTHON, S.; FAULKS, R.; JOHNSON, I.; WILLIAMSON, G. Carotenoids in food: bioavailability and functional benefits. **Phytochemical Functional Foods**, p. 107-127, 2003.

SOUZA, W. A. D.; VILAS BOAS, O. M. G. D. C. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 12, n. 3, p. 173-179, 2002.

STRINGHETA, P. C.; NACHTIGALL, A. M.; OLIVEIRA, T.; RAMOS, A. M.; SANT'ANA, H. M. P.; GONÇALVES, M. P. J. C. Luteína: propriedades antioxidantes e benefícios à saúde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2009.

TORRES, R. J. A.; PRÉCOMA, D. B.; MAIA, M.; KAIBER, F.; PRIM, C.; LUCHINI, A.; MATOS, R. S.; FARAH, M. E. Conceitos atuais e perspectivas na prevenção da degeneração macular relacionada à idade. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v. 67, n. 3, p. 142-155, 2008.

UNDERWOOD, B. A. Vitamin A deficiency disorders: international efforts to control a preventable "pox". **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 1, p. 231S-236S, 2004.

VAN DEN BERG, H.; FAULKS, R.; GRANADO, H. F.; HIRSCHBERG, J.; OLMEDILLA, B.; SANDMANN, G.; SOUTHON, S.; STAHL, W. The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 7, p. 880-912, 2000.

VASCONCELOS, F. A. G. Josué de Castro e a geografia da fome no Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 24, p. 2710-2717, 2008.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Carotenoides em abóboras. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 1, 2011.

WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 18, n. 4, p. 299-307, 2005.

WHO. Nutrition for Health and Development: A Global Agenda for Combating Malnutrition. **WHO Global Database on Vitamin A Deficiency**, 2000.

_____. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005. **WHO Global Database on Vitamin A Deficiency**, 2009.

YEUM, K. J.; TAYLOR, A.; TANG, G.; RUSSELL, R. M. Measurement of carotenoids, retinoids, and tocopherols in human lenses. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 36, n. 13, p. 2756-2761, 1995.

ZANCUL, M. S. Fortificação de alimentos com ferro e vitamina A. **Medicina**, v. 37, p. 45-50, 2004.

ZERAIK, L.; YARIWAKE, J. H. Extração de β -caroteno de cenouras: uma proposta para disciplinas experimentais de química. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1259-1262, 2008.

4. CAPÍTULO I

Variabilidade morfo-agronômica e na composição de carotenoides em acessos de abóbora

Resumo: O objetivo deste trabalho foi caracterizar acessos de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV) quanto a caracteres morfo-agronômicos e composição de carotenoides, com a finalidade de identificar genitores que associem, além de características favoráveis ao cultivo, composição de carotenoides e morfologia de fruto atrativas ao consumo. O experimento foi conduzido no Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da UFV, Viçosa-MG, Brasil, de janeiro a julho de 2011. Foram utilizados 55 acessos do BGH/UFV, provenientes de diversas regiões geográficas, e quatro cultivares comerciais como testemunhas. Uma centena de descritores envolvendo plântula, planta, fruto e semente foram aplicados para a quantificação da diversidade genética dos acessos. Com base em estimativas indiretas de carotenoides totais (CT) e luteína foi selecionado um grupo de 19 acessos, dos quais os carotenoides foram extraídos e quantificados por espectrofotometria e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Os acessos de abóbora preservados no BGH/UFV possuem elevada variabilidade tanto para composição de carotenoides [β -caroteno (12,8 a 286,7 $\mu\text{g g}^{-1}$), α -caroteno (8,1 a 153,8 $\mu\text{g g}^{-1}$), luteína (0,04 a 1,32 $\mu\text{g g}^{-1}$) e CT (27,8 a 506,6 $\mu\text{g g}^{-1}$)] quanto para as principais características agronômicas e de morfologia de fruto. A magnitude observada para a concentração de carotenoides foi superior a todos os relatos encontrados para a cultura da abóbora, dentre os acessos até então avaliados. Mediante seleção com base na diversidade genética (Tocher invertido) e no comportamento *per se* foram selecionados quatro genitores com elevada frequência de características favoráveis e geneticamente divergentes (BGH-6997, BGH-7003, BGH-7671 e BGH-7765), que poderão ser inseridos em programas de melhoramento genético da cultura para o desenvolvimento de cultivares biofortificadas e produtivas.

Palavras-chave: *Cucurbita moschata*, biofortificação, recursos genéticos vegetais, pré-melhoramento.

Morphoagronomic and composition variability of carotenoids in pumpkin accessions

Abstract: The objective of this study was to characterize pumpkin accessions (*Cucurbita moschata* Duch.) from the Vegetable Germplasm Bank of the Federal University of Viçosa (BGH/UFV) regarding the morphoagronomic traits and composition of carotenoids, seeking to identify parents that associate not only favorable cultivation characteristics, but also carotenoid composition and morphology of fruits considered attractive by the costumer. The experiment was conducted in the Experimental Field of the Plant Science Department at the UFV, Viçosa-MG, Brazil, from January to July of 2011. A total of 55 accessions were used from the BGH/UFV from various geographic regions, and four commercial cultivars as control. One hundred descriptors involving the seedling, plant, fruit and seed were applied to quantify genetic diversity of the accessions. Based on indirect estimates of total carotenoids (TC) and lutein, a group of 19 genotypes was selected, from which carotenoids were extracted and quantified by spectrophotometry and high performance liquid chromatography (HPLC). The pumpkin accessions stored in the BGH/UFV present high variability with regards to carotenoid composition [β -carotene (from 12.8 to 286.7 $\mu\text{g g}^{-1}$), α -carotene (from 8.1 to 153.8 $\mu\text{g g}^{-1}$), lutein (from 0.04 to 1.32 $\mu\text{g g}^{-1}$) and TC (from 27.8 to 506.6 $\mu\text{g g}^{-1}$)] as well as for the main agronomic traits and fruit morphology. The magnitude found for carotenoid concentration was higher than in all reports found for the pumpkin crop, among accessions previously evaluated. Upon selection based on genetic diversity (inverted Tocher) and *per se* behavior, four parents were selected with high frequency of favorable characteristics and genetically divergent (BGH-6997, BGH-7003, BGH-7671, and BGH-7765), which can be inserted in pumpkin breeding programs for developing biofortified and productive cultivars.

Keywords: *Cucurbita moschata*, biofortification, plant genetic resources, pre-breeding.

1. Introdução

A hipovitaminose A, caracterizada pela baixa concentração de retinol ($< 0,70 \mu\text{mol.L}^{-1}$), resulta em xerofthalmia (cegueira progressiva), aumenta a morbidade e mortalidade infantil e reduz as respostas imunológicas (UNDERWOOD, 2004). De acordo com a Organização Mundial da Saúde, essa carência nutricional afeta 190 milhões de crianças pré-escolares e 19,1 milhões de mulheres grávidas no mundo (WHO, 2009). No Brasil, a deficiência de vitamina A afeta grupos populacionais em vários estados brasileiros (Amazonas, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina) e em algumas dessas regiões a hipovitaminose A constitui-se em problema de saúde pública (GERALDO *et al.*, 2003).

A atividade de vitamina A na dieta humana deriva de duas fontes: vitamina A pré-formada como ésteres de retinol em alimentos de origem animal ou carotenoides (pró-vitamina A), tais como β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina, encontrados em alimentos de origem vegetal (HARRISON, 2005). Dentre os carotenoides, o β -caroteno é o mais eficiente precursor de vitamina A (BOTELLA-PAVÍA; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, 2006).

A hipovitaminose A tem sido atribuída ao consumo inadequado de alimentos fontes de vitamina A pré-formada ou carotenoides, devido às privações socioeconômicas, tabus alimentares ou orientação alimentar inadequada (SOUSA; VILAS BOAS, 2000). No Brasil, os casos mais críticos são relatados na região Nordeste. Em razão dessa realidade, o melhoramento genético de espécies cultivadas visando elevar o teor de β -caroteno tem sido apontado como uma alternativa viável para erradicar essa doença (GRAHAM *et al.*, 2001; FRASER; BRAMLEY, 2004).

Dentre as espécies carotenogênicas cultivadas no Brasil encontra-se a abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.), na qual os principais carotenoides presentes são β -caroteno e α -caroteno (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007). Vários trabalhos já foram desenvolvidos no Brasil (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008) e em outros países (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; GWANAMA *et al.*, 2002; MURKOVIC *et al.*, 2002) evidenciando o potencial da abóbora como fonte de pró-vitamina A para a dieta humana. Além da atividade pró-vitamina A, evidências epidemiológicas despertam grande interesse em carotenoides em razão de suas propriedades antioxidantes e capacidade de reduzir o risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como catarata, degeneração macular relacionada à idade e predisposição ao câncer e doenças cardiovasculares. Estes mecanismos fisiológicos têm sido

atribuídos aos carotenoides por quelar o oxigênio singlete e interagir com radicais livres (RODRIGUEZ *et al.*, 2006).

Nos cultivos comerciais de abóbora da região sudeste predomina-se o híbrido importado Tetsukabuto, que possui teor de carotenoides muito menor que cultivares nacionais (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008). Nas demais regiões brasileiras, principalmente no Nordeste, variedades locais ainda são cultivadas (RAMOS *et al.*, 2000), gerando enorme variabilidade genética por se tratar de uma espécie com sistema misto de reprodução. Parte dessa variabilidade encontra-se preservada no Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa – BGH/UFV (SILVA *et al.*, 2001), que possui uma coleção com cerca de 340 acessos.

A maioria dos trabalhos já realizados com a abóbora deu ênfase apenas às variáveis nutricionais ou agronômicas dissociadas, não tendo sido feitas caracterizações detalhadas integrando o potencial agronômico e nutricional dos genótipos. Para que uma cultivar biofortificada possa ser adotada, ou seja, para que a população-alvo seja beneficiada com tal ação, alguns critérios devem ser observados (WELCH; GRAHAM, 2005). Entre eles destacam-se a produtividade e aspectos favoráveis de frutos que garantam ampla aceitação entre os agricultores.

Diante do exposto, torna-se necessária a caracterização da variabilidade genética de germoplasma de abóbora visando disponibilizar estes recursos genéticos para programas de melhoramento. Assim, o objetivo deste trabalho foi caracterizar uma amostra de germoplasma de abóbora do BGH/UFV quanto a caracteres morfo-agronômicos e composição de carotenoides, visando identificar genitores que associem, além de características favoráveis ao cultivo, composição de carotenoides e morfologia de fruto atrativas ao consumo.

2. Material e métodos

Estabelecimento e condução da cultura no campo

O experimento foi conduzido no Campo Experimental (20°45'14" S, 42°52'53" W e 648,74 m) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (DFT/UFV), Viçosa-MG, Brasil, de janeiro a julho de 2011. Foram utilizados 55 acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH/UFV), provenientes de diversas regiões geográficas (SILVA *et al.*, 2001), e quatro cultivares comerciais como

testemunhas, o híbrido Tetsukabuto (Takayama) e as variedades Jacarezinho (Itapua 301), Butternut e Caserta (Tabela 1).

Tabela 1 - Descrição da origem e ano de coleta de acessos de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV). Viçosa, MG

Acesso (Nº BGH)	Origem		Ano
	Local	Coordenadas geográficas	
BGH-0035	Teófilo Otoni-MG, Brasil	17°47'50" S e 41°29'55" O	1966
BGH-0672	São Gonçalo do Sapucaí-MG, Brasil	21°53'14" S e 45°35'24" O	1966
BGH-0900	Campinas-SP, Brasil	22°52'47" S e 47°03'35" O	1966
BGH-1207	Rio Casca-MG, Brasil	20°12'35" S e 42°39'32" O	1967
BGH-1219	Queimados-RJ, Brasil	22°42'32" S e 43°33'16" O	1967
BGH-1514	São José do Rio Pardo-SP, Brasil	21°34'48" S e 46°53'22" O	1967
BGH-1922	Mutum-MG, Brasil	19°47'58" S e 41°26'28" O	1967
BGH-1946	Colatina-ES, Brasil	19°30'19" S e 40°38'08" O	1967
BGH-1956	Santa Tereza-ES, Brasil	19°53'45" S e 40°36'04" O	1967
BGH-3333	Nova Délhi*, Índia	28°40'08" N e 77°13'37" L	1969
BGH-3581	Osaka, Japão	34°42'02" N e 135°30'08" L	1970
BGH-4139	Rio Doce-MG, Brasil	20°15'03" S e 42°53'39" O	1967
BGH-4360	Raul Soares-MG, Brasil	20°05'00" S e 42°26'23" O	1968
BGH-4514	Sul de Minas Gerais (Lavras*), Brasil	21°13'52" S e 45°00'02" O	1974
BGH-4515	Sul de Minas Gerais (Lavras*), Brasil	21°13'52" S e 45°00'02" O	1974
BGH-4585	Santa Leopoldina-ES, Brasil	20°04'17" S e 40°32'02" O	1975
BGH-4586	Santa Leopoldina-ES, Brasil	20°04'17" S e 40°32'02" O	1975
BGH-4600	Costa do Aruanã-AM, Brasil	02°41'26" S e 60°07'41" O	1975
BGH-4615	Careiro-AM, Brasil	03°48'35" S e 60°20'44" O	1975
BGH-4617	Manacapuru-AM, Brasil	03°13'22" S e 60°38'00" O	1975
BGH-4623	Ilha Jucurutu (Rio Solimões*)-AM, Brasil	01°44'08" S e 55°06'26" O	1975
BGH-4628	Itacoatiara-AM, Brasil	03°04'48" S e 58°26'50" O	1975
BGH-5210	Teófilo Otoni-MG, Brasil	17°47'50" S e 41°29'55" O	1975
BGH-5232	Indaiabira-MG, Brasil	15°21'30" S e 42°12'14" O	1975
BGH-5233	Montezuma-MG, Brasil	15°05'16" S e 42°31'21" O	1975
BGH-5235	Montezuma-MG, Brasil	15°05'16" S e 42°31'21" O	1975
BGH-5253	Indaiabira-MG, Brasil	15°21'30" S e 42°02'14" O	1975
BGH-5257	Indaiabira-MG, Brasil	15°21'30" S e 42°02'14" O	1975
BGH-5449	Esalq - Piracicaba-SP, Brasil	22°40'29" S e 47°39'01" O	1984
BGH-5621	CNPH, Brasília-DF, Brasil (PI: Nebraska*)	41°43'19" N e 99°52'36" O	1984
BGH-5622	CNPH, Brasília-DF, Brasil (PI: Nebraska*)	41°43'19" N e 99°52'36" O	1984
BGH-5635	CNPH, Brasília-DF, Brasil (Ceará-CE, Brasil*)	03°41'14" S e 38°32'34" O	1984
BGH-6153	Viçosa-MG, Brasil	20°44'24" S e 42°53'01" O	1986
BGH-6154	Viçosa-MG, Brasil	20°44'24" S e 42°53'01" O	1986
BGH-6996	Maranhão-MA, Brasil	02°29'35" S e 44°18'33" O	2000
BGH-6997	Maranhão-MA, Brasil	02°29'35" S e 44°18'33" O	2000
BGH-6999	Fortaleza-CE, Brasil	03°41'14" S e 38°32'34" O	2000

BGH-7003	Fortaleza-CE, Brasil	03°41'14" S e 38°32'34" O	2000
BGH-7316	Maranhão-MA, Brasil	02°29'35" S e 44°18'33" O	2003
BGH-7317	Maranhão-MA, Brasil	02°29'35" S e 44°18'33" O	2003
BGH-7318	Maranhão-MA, Brasil	02°29'35" S e 44°18'33" O	2003
BGH-7319	Maranhão-MA, Brasil	02°29'35" S e 44°18'33" O	2003
BGH-7660	Campinas-SP, Brasil	22°52'47" S e 47°03'35" O	1966
BGH-7661	Rio Grande-RS, Brasil	31°58'40" S e 52°06'21" O	1967
BGH-7662	Parma, Itália	44°48'17" N e 10°20'18" L	1967
BGH-7663	São Marcos-RS, Brasil	28°57'23" S e 51°04'09" O	1967
BGH-7664	(Moscou*), Rússia	55°46'52" N e 37°36'42" L	1990
BGH-7665	Salvador-BA, Brasil	12°56'15" S e 38°30'50" O	2009
BGH-7666	Irati-PR, Brasil	25°26'13" S e 50°39'08" O	2009
BGH-7667	Ponta Grossa-PR, Brasil	24°58'16" S e 50°11'27" O	2009
BGH-7671	Pernambuco-PE, Brasil	08°02'12" S e 34°52'53" O	2009
BGH-7673	Ponta Grossa-PR, Brasil	24°58'16" S e 50°11'27" O	2009
BGH-7764	Viçosa-MG, Brasil	20°44'26" S e 42°52'59" O	1968
BGH-7765	Lavras-MG, Brasil	21°13'52" S e 45°00'02" O	1974
BGH-7766	Urucará-AM, Brasil	02°30'24" S e 57°45'48" O	1975
Butternut	ISLA Sementes	-	2010
Caserta	Top Seed	-	2010
Jacarezinho	ISLA Sementes	-	2010
Tetsukabuto	Agristar	-	2009

*Local de referência de coleta ou introdução de acesso.

Os 59 tratamentos foram alocados em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições e parcelas de cinco plantas, sendo a parcela útil constituída das três plantas centrais. As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 72 células, contendo substrato comercial Tropstrato® e transplantadas para o campo no estágio de primeira folha definitiva totalmente expandida. O solo foi previamente preparado por meio de gradagem e coveamento. Adotou-se o espaçamento de 4,0 m entre fileiras e 3,0 m entre plantas e foram aplicados os tratos culturais e fitossanitários típicos para a cultura na região. A colheita foi realizada quando os frutos atingiram o ponto de maturação comercial, indicado pelo pedúnculo seco.

Avaliação morfo-agronômica e da composição de carotenoides de forma indireta

Foram aplicados os descritores morfo-agronômicos essenciais, propostos pelo *International Plant Genetic Resources Institute* - IPGRI (ESQUINAS-ALCAZAR; GULICK, 1983) e pelo *European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources* (ECPGR, 2008) e outros considerados pertinentes, seja pela variabilidade observada em campo ou pela utilidade agronômica. Assim, os descritores foram subdivididos de acordo com a fase fenológica da cultura: 12 descritores na fase de plântula, 14 na fase

vegetativa, cinco na fase reprodutiva, 44 referentes ao fruto e 25 relacionadas à semente (Tabela 2).

Tabela 2 - Descritores aplicados na caracterização morfo-agronômica e composição de carotenoides de acessos de abóbora. Viçosa, MG

Fase / Órgão da cultura	Descritores
Plântulas	% emergência; Índice de Velocidade de Emergência; Comprimento e largura do cotilédono; Comprimento e diâmetro do hipocótilo; Índice SPAD da 1ª folha definitiva; Formato do cotilédono; Ápice do cotilédono; Aparência de nervuras cotiledonares; Cor do hipocótilo e Pubescência.
Fase vegetativa	Comprimento da rama principal (7, 14, 21, 28 e 35 dias após o transplantio - DAT); Taxa de crescimento da rama principal (14, 21, 28 e 35 DAT); Cor da haste principal; Nº de ramas e de ramificações da gavinha; Hábito de crescimento e Aspecto fitossanitário da planta.
Fase reprodutiva	Dias para emissão da 1ª flor feminina; Dias para emissão da 1ª flor masculina; Nó de emissão da 1ª flor masculina; Prolificidade (número de frutos por planta) e Produtividade.
Frutos	Massa e formato do fruto; Cicatriz floral; Formato do pedúnculo; Nº de cores e cor predominante da casca; Cor secundária da casca; Desenho da cor secundária; Topografia da superfície do fruto; Profundidade dos gomos; Textura da casca; Separação do pedúnculo; Sólidos solúveis (f=0,366); Dureza da casca; Bojo; Cor da polpa (Carta de Munsell); Textura da polpa; Espessura da casca voltada para o sol, para a terra e nas regiões da inflorescência e do pedúnculo; Espessura média da casca; Espessura da polpa voltada para o sol, para a terra e nas regiões da inflorescência e do pedúnculo; Espessura média da polpa; Comprimento e Diâmetro da cavidade interna; Comprimento e Diâmetro do fruto; Diâmetro menor do fruto; Firmeza da polpa nas regiões da inflorescência e do pedúnculo; Firmeza média da polpa; Massa seca da polpa; Parâmetros colorimétricos da polpa: L*, a*, b*, C e H; Carotenoides totais e luteína com base em parâmetros colorimétricos (CTa, LUTb e LUTc); Carotenoides totais, luteína, alfa-caroteno e beta-caroteno determinados em laboratório (19 genótipos).
Sementes	Massa total de sementes do fruto; Relação massa de sementes/massa do fruto; Massa de 100 sementes; Número de sementes/fruto; Comprimento, largura e espessura de sementes; Formato de sementes; Aparência e textura do tegumento; Cor do tegumento e da borda; % de óleo e de ácidos graxos (palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico); Produtividade de sementes, de óleo e dos ácidos palmítico, esteárico, oléico, linoléico e linolênico.

Na caracterização dos frutos, além dos descritores comumente utilizados, a coloração da polpa foi determinada utilizando-se um colorímetro manual, de triestímulo Color Reader CR-10 Konica Minolta, com os parâmetros: L*, luminosidade; a*, contribuição do vermelho; e b*, contribuição do amarelo. A saturação (C*) e a tonalidade (H*) foram também calculadas com base nas seguintes equações (ITLE; KABELKA, 2009):

$$\text{Saturação (C}^*) = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \text{ e } H^* = \tan^{-1}(b^* / a^*)$$

A avaliação foi realizada em um fruto de cada planta da parcela útil, com as leituras feitas em quatro pontos equidistantes (região voltada para o sol, terra, pedúnculo e inflorescência).

A composição dos carotenoides dos acessos foi estimada de forma indireta por equações disponíveis para essa finalidade (ITLE; KABELKA, 2009). Para o teor de carotenoides totais baseou-se no parâmetro a^* ($CTa = 6,1226 + 1,7106^* a^*$) e para o teor de luteína no parâmetro C^* ($LUTc = -6,3743 + 0,2418^* C^*$), ambos expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca da polpa.

Após as mensurações de fruto e leitura de cor da polpa, amostras de polpa dos três frutos avaliados foram submetidas ao fatiamento mecânico, em processador de hortaliças, para compor uma amostra representativa da parcela útil. Essa amostra foi submetida ao “branqueamento” (98 °C e 30 segundos) para inativação enzimática e congelada em nitrogênio líquido para conservação dos carotenoides. Essas amostras permaneceram em câmara de congelamento (-18 °C) até a realização das análises laboratoriais.

Diversidade morfo-agronômica e da composição de carotenoides de forma indireta

A diversidade genética dos 55 acessos foi quantificada com base em variáveis de interesse morfo-agronômico e em variáveis relacionadas à composição de carotenoides. As variáveis de interesse morfo-agronômico selecionadas foram: dias para a emissão da primeira flor feminina (DEPFF); dias para a emissão da primeira flor masculina (DEPFM); hábito de crescimento (HC); aspecto fitossanitário da planta (AFP); número de frutos por planta (NFP); massa do fruto (MF); produtividade de frutos (PF); espessura média da casca (EMC); diâmetro médio do fruto (DMF); comprimento médio do fruto (CMF); cor da polpa (CP); espessura média da polpa (EMP); firmeza média da polpa (FMP); teor de sólidos solúveis (TSS); e massa seca da polpa (MSP).

Na identificação das variáveis relacionadas à composição de carotenoides foi realizada análise de trilha visando a identificação daquelas que explicassem, direta ou indiretamente, as variáveis CTa e LUTc. Como variáveis explicativas foram utilizadas aquelas com correlação $\geq 0,5$ com as variáveis CTa e LUTc, bem como aquelas que se correlacionaram entre si com essa mesma magnitude. Foi realizada análise de multicolinearidade entre as variáveis explicativas e descartadas da análise de trilha aquelas que proporcionaram índice de condição acima de 250. Com esse índice de condição não foram observados valores incoerentes para os parâmetros de trilha determinados.

Para a estimativa das distâncias genéticas entre os acessos com base nas características selecionadas utilizou-se a “distância euclidiana média padronizada”, pois para algumas variáveis relacionadas ao óleo de sementes não havia repetição. Caracteres qualitativos ordinais foram tratados como quantitativos. A matriz obtida foi utilizada para análise de agrupamento, aplicando-se o método de Otimização de Tocher. A importância relativa dos caracteres quantitativos e qualitativos ordinais foi determinada com base na técnica de componentes principais. Foram consideradas de menor importância as variáveis de maior coeficiente (em valor absoluto) a partir do último componente até aquele cujo autovalor não excedeu a 0,70 (JOLLIFFE, 1973).

Avaliação direta da composição de carotenoides

A seleção de acessos promissores para determinação direta da composição de carotenoides em laboratório foi realizada com base na técnica de agrupamento de Scott-Knott. Foram contemplados os grupos de maior média pela determinação indireta do teor de carotenoides totais e de luteína, além de três cultivares comerciais utilizadas como testemunhas.

A extração de carotenoides foi realizada com base nos procedimentos descritos por Rodriguez *et al.* (1976), com algumas adaptações. Para a extração de carotenoides totais foi utilizada uma amostra de cinco gramas por repetição, constituída pela mistura de polpa dos três frutos avaliados na parcela útil. As amostras foram maceradas com 15 ml acetona resfriada em almofariz de porcelana e filtradas em funil de Büchner a vácuo, repetindo-se a operação por cinco vezes e com cinco minutos em cada maceração, até que todo o resíduo se tornasse incolor. Posteriormente, os pigmentos foram transferidos em três porções para éter de petróleo (30 ml) em funil de separação, lavando-se cada fração com água destilada uma vez e, ao final da transferência, por mais seis vezes, para retirar toda a acetona.

Em seguida, os extratos etéreos foram transferidos para erlenmeyer de 125 ml para realização da saponificação, com uma solução de 10% de KOH em metanol em volume igual ao extrato. A mistura foi borbulhada com nitrogênio gasoso por 30 segundos, lacrada com papel alumínio e deixada no escuro durante 16 horas à temperatura ambiente (MERCADANTE, 1999).

Após a saponificação, essa mistura foi levada a um funil de separação com acréscimo de água destilada por quatro vezes, até que não houvesse mais resíduos do álcali (teste com fenolftaleína, 1%). Adicionou-se sulfato de sódio anidro para remoção de qualquer resíduo de água. O extrato final obtido foi avolumado para balão de 25 ml.

A determinação dos carotenoides totais por espectrofotometria foi realizada com base na Lei de Lambert-Beer, utilizando-se um espectrofotômetro UV/VIS analógico, marca TECNAL, modelo BEL-Photonics SP-1105. O coeficiente de absorvidade molar ($E_{1cm}^{1\%}$) utilizado para o cálculo da quantidade de β -caroteno contido nas amostras foi de 2592, com leituras realizadas no comprimento de onda de 450 nm, segundo recomendações preconizadas por Rodriguez-Amaya (2001). Os resultados finais foram expressos em μ g de carotenoides totais por grama de massa fresca da polpa.

Para as leituras em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) foi retirada uma alíquota de 10 ml do extrato etéreo e acondicionada em frascos escuros, cor âmbar e secos em corrente suave de nitrogênio gasoso. Após a evaporação os frascos foram armazenados em freezer (-18 °C), para evitar degradação dos carotenoides até o momento da leitura.

Os teores de β -caroteno, α -caroteno e luteína foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) de acordo com a metodologia utilizada por Pinheiro-Sant'Ana *et al.* (1998), com algumas adaptações, empregando-se o cromatógrafo líquido modelo Shimadzu LC 20AT, detector UV-Vis (Shimadzu SPD 20A).

A confirmação da presença dos carotenoides foi baseada na avaliação conjunta do comportamento em CLAE, levando-se em conta o tempo de retenção e co-cromatografia com padrão autêntico de β -caroteno (Sigma-Aldrich), luteína (DSM Nutritional) e α -caroteno (extraído de cenoura pelo método de cromatografia de coluna aberta), e espectro de absorção no visível.

Os carotenoides foram separados em coluna monomérica C₁₈ Phenomenex (5 μ m, 250 x 4,6 mm) acoplada a Holder SecurityGuard Universal, utilizando metanol/acetonitrila/acetato de etila 80:10:10 como fase móvel, com fluxo de 1,7 mL.min⁻¹ em modo isocrático, injeção de 20 μ L, sendo os cromatogramas obtidos a 450 nm.

As amostras foram ressuspensas em volumes menores de acetona, visando à concentração das mesmas, filtradas em filtro de seringa de nylon com 13 mm e 0,45 μ m de poro e as leituras realizadas a 450 nm.

A quantificação dos três carotenoides nas amostras foi efetuada por padronização externa. As curvas analíticas foram construídas com pelo menos seis pontos, obtendo-se as equações de regressão para β -caroteno ($7.10^{-6}x + 0,0965$; $R^2 = 0,999$), α -caroteno ($8.10^{-6}x + 0,0445$; $R^2 = 0,999$) e luteína ($1.10^{-5}x + 0,0491$; $R^2 = 0,994$). A

concentração real das amostras foi calculada com base nas diluições e/ou concentrações realizadas e os resultados foram expressos em µg do carotenóide por g de massa fresca da polpa.

Todos os procedimentos foram realizados com as luzes apagadas, com a finalidade de se proteger os carotenoides da luz difusa.

Seleção de genitores

A hibridação entre genitores divergentes é premissa básica para que se tenha em suas gerações segregantes maior possibilidade de recuperação de genótipos transgressivos (FALCONER, 1987). A real diversidade genética entre um grupo de genitores tem sido avaliada por processos biométricos entre os quais se destacam os dialelos (CRUZ *et al.*, 2012). Entretanto, número elevado de genitores a serem avaliados inviabiliza o uso desta estratégia, principalmente em culturas que ocupam extensas áreas em função do hábito de crescimento, como nas cucurbitáceas. Assim, a escolha de potenciais genitores a serem incluídos em um dialelo constitui etapa crucial no sucesso de um programa de melhoramento.

Uma alternativa nesta etapa é a escolha de genitores divergentes de forma preditiva, com base em análises de diversidade genética multivariadas. A seleção de genitores baseou-se na análise de diversidade genética pela técnica de agrupamento de Tocher invertido (OLIVEIRA, 2007) e no comportamento *per se* dos acessos. Aplicou-se uma intensidade de seleção de 20% entre os acessos promissores previamente identificados pela determinação indireta da composição de carotenoides.

Para o agrupamento de Tocher invertido, obteve-se a matriz de dissimilaridade genética a partir das variáveis de maior importância relativa na discriminação dos acessos e das variáveis luteína, α -caroteno, β -caroteno e carotenoides totais, determinadas de forma direta em laboratório. Na sequência essa matriz foi transformada para valores entre zero e um, segundo a fórmula: Valor corrigido = (Valor original – Valor mínimo) / (Valor máximo – Valor mínimo). A partir do complemento aritmético de cada valor da matriz de dissimilaridade transformada obteve-se a matriz de similaridade genética, que foi utilizada para a formação de grupos geneticamente dissimilares quanto à composição de carotenoides por meio do método de Tocher.

Para avaliação do comportamento *per se* dos acessos aplicou-se o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, com base nas variáveis de importância morfo-agronômica e relacionadas à composição de carotenoides determinadas de forma direta.

Todas as análises foram realizadas utilizando-se o aplicativo computacional em genética e estatística Genes (CRUZ, 2006).

3. Resultados e discussão

Do conjunto de 28 descritores qualitativos e 72 quantitativos aplicados, 93% dos qualitativos foram polimórficos entre os acessos e 96% dos quantitativos foram significativos ($P < 0,05$) pelo teste F, o que evidencia a existência de variabilidade entre os acessos (Apêndices A, B, C, D e E).

Na análise de trilha (Tabela 3), estabeleceu-se um modelo com 28 variáveis explicativas na determinação das variáveis principais CTa ou LUTc. O coeficiente de determinação deste modelo (R^2) foi elevado para as duas variáveis principais analisadas, com valores de 0,93 e 0,90, para CTa e LUTc, respectivamente, indicando que as variáveis independentes explicaram a maior parte da variação das variáveis principais.

As principais variáveis determinantes direta ou indiretamente das variáveis principais CTa e LUTc foram: comprimento da rama aos 21 (CR21) e 35 dias após o transplântio (CR35); nó de emissão da primeira flor masculina (NóPFM), número de ramas (NR) e de ramificações da gavinha (RG), comprimento da cavidade interna do fruto (CCI), massa total de sementes (MTS) e percentagens de óleo (%OLEO) e de ácido oléico (%OLEI) das sementes (Tabela 3). Esta lista incluiu variáveis com baixa correlação, mas com alto efeito indireto sobre as variáveis principais, conforme observado para CR21, RG, CCI e MTS (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo dos principais efeitos diretos e indiretos de variáveis explicativas sobre as variáveis principais relacionadas à composição de carotenoides (CTa e LUTc) de acessos de abóbora. Viçosa, MG

Variável Principal ¹		Variáveis explicativas ²							
CTa	DEPFF	RG	MF	PF	MSP	L	LUTc	CR21	CR35
Efeito dir. sobre CTa	0,2262	-0,2799	-0,2429	0,2042	0,2190	-0,6376	0,4883	0,0283	0,0166
Efeito indir. via DEPFF		0,0799	0,0928	0,0762	0,0533	-0,0660	0,0468	-0,0051	0,0692
Efeito indir. via RG	-0,0988		-0,0833	-0,0816	-0,0451	0,1293	-0,1288	-0,0217	-0,1276
Efeito indir. via MF	-0,0996	-0,0723		-0,1705	0,0885	0,0183	0,0418	-0,0265	-0,0685
Efeito indir. via PF	0,0687	0,0595	0,1433		-0,0938	-0,0701	-0,0537	0,0809	0,1018
Efeito indir. via MSP	0,0516	0,0353	-0,0798	-0,1006		-0,0449	0,1685	-0,0093	0,0369
Efeito indir. via L*	0,1860	0,2946	0,0481	0,2190	0,1309		0,2168	0,2528	0,3504
Efeito indir. via LUTc	0,1010	0,2247	-0,0840	-0,1284	0,3758	-0,1661		0,0539	0,1785
Correlação	0,4966	0,3355	0,0052	0,0404	0,6899	-0,7009	0,7154	0,2280	0,4698
CTa	NóPFM	HC	NR	NFP	CCI	FMP	MTS	%ÓLEO	%OLEI
Efeito dir. sobre CTa	-0,0380	-0,0768	-0,0216	-0,1390	0,0082	-0,0230	-0,0470	0,0290	0,0527
Efeito indir. via DEPFF	0,1381	0,1475	0,0765	-0,0198	0,0286	-0,0028	0,1297	0,1294	-0,1152
Efeito indir. via RG	-0,0989	-0,1097	-0,0900	-0,0137	0,0570	-0,0435	-0,0079	-0,0072	0,1122
Efeito indir. via MF	-0,0535	-0,0790	-0,0362	0,0806	-0,1425	0,1008	-0,0631	-0,0605	0,0619
Efeito indir. via PF	0,0652	0,1191	0,0733	0,0594	0,0976	-0,0476	0,0846	0,0869	-0,0779
Efeito indir. via MSP	0,0444	0,0389	0,0487	-0,0137	-0,1176	0,1065	0,0009	0,0234	-0,0280
Efeito indir. via L*	0,2356	0,3218	0,3438	0,2904	-0,1099	0,1152	0,2417	0,3069	-0,3631
Efeito indir. via LUTc	0,1244	0,1388	0,1900	-0,0245	-0,2733	0,1958	-0,0307	0,0321	-0,1257
Correlação	0,4118	0,4869	0,4967	0,0929	-0,3014	0,3008	0,3240	0,4832	-0,4577
Determinação (R ²)	0,9382								
Efeito residual	0,2485								
LUTc	DEPFF	HC	RG	MF	PF	MSP	L	CTa	
Efeito direto sobre LUTc	-0,2064	0,3065	0,3382	0,2935	-0,3785	0,1541	0,4334	0,7718	
Efeito indir. Via DEPFF		-0,1346	-0,0729	-0,0847	-0,0695	-0,0487	0,0602	-0,1025	
Efeito indir. Via HC	0,1998		0,1201	0,0998	0,1788	0,0545	-0,1547	0,1492	
Efeito indir. Via RG	0,1194	0,1325		0,1007	0,0986	0,0545	-0,1563	0,1135	
Efeito indir. Via MF	0,1204	0,0955	0,0874		0,2060	-0,1069	-0,0222	0,0015	
Efeito indir. Via PF	-0,1275	-0,2207	-0,1103	-0,2656		0,1738	0,1300	-0,0153	
Efeito indir. Via MSP	0,0363	0,0274	0,0249	-0,0562	-0,0708		-0,0316	0,1063	
Efeito indir. Via L*	-0,1264	-0,2187	-0,2003	-0,0327	-0,1488	-0,0889		-0,3038	
Efeito indir. Via CTa	0,3833	0,3758	0,2589	0,0040	0,0312	0,5325	-0,5410		
Correlação	0,2068	0,2842	0,4601	-0,1720	-0,2629	0,7697	0,3401	0,7154	
LUTc	CR35	NóPFM	NR	AFP	EPRI	MTS	%ÓLEO	%OLEI	
Efeito direto sobre LUTc	0,0883	0,0345	0,1202	0,0525	-0,1922	-0,1351	0,0566	-0,0367	
Efeito indir. Via DEPFF	-0,0632	-0,1261	-0,0698	0,1557	-0,1118	-0,1184	-0,1181	0,1051	
Efeito indir. Via HC	0,2235	0,1997	0,1748	-0,1946	0,1306	0,1737	0,1857	-0,1977	
Efeito indir. Via RG	0,1541	0,1195	0,1088	-0,0958	0,0970	0,0096	0,0087	-0,1356	
Efeito indir. Via MF	0,0828	0,0646	0,0438	-0,1355	0,1664	0,0762	0,0731	-0,0748	
Efeito indir. Via PF	-0,1887	-0,1208	-0,1360	0,1641	-0,1027	-0,1569	-0,1611	0,1444	
Efeito indir. Via MSP	0,0260	0,0313	0,0343	-0,0293	0,0291	0,0006	0,0165	-0,0197	
Efeito indir. Via L*	-0,2382	-0,1601	-0,2337	0,0874	-0,0861	-0,1643	-0,2086	0,2468	
Efeito indir. Via CTa	0,3626	0,3178	0,3833	-0,2971	0,2910	0,2500	0,3729	-0,3532	
Correlação	0,3656	0,2547	0,3891	-0,1346	0,1577	-0,0629	0,0658	-0,2574	
Determinação (R ²)	0,9024								
Efeito residual	0,3124								

¹Variáveis principais: CTa = carotenoides totais estimados com base no parâmetro colorimétrico a* e expresso em µg g⁻¹ de massa fresca; LUTc = luteína estimada com base no parâmetro colorimétrico C* e expresso em µg g⁻¹ de massa fresca;

²Variáveis explicativas: DEPFF = dias para emissão da primeira flor feminina; RG = ramificações da gavinha; MF = massa do fruto; PF = produtividade de frutos; MSP = massa seca da polpa; L = valor colorimétrico; CR21 = comprimento da rama aos 21 dias após o transplante; CR35 = comprimento da rama aos 35 dias após o transplante; NóPFM = nó de emissão da primeira flor masculina; HC = hábito de crescimento; NR = número de ramas; NFP = número de frutos por planta; CCI = comprimento da cavidade interna; FMP = firmeza média da polpa; MTS = massa total de sementes; %ÓLEO = percentagem de óleo das sementes; %OLEI = percentagem do ácido oléico nas sementes; AFP = aspecto fitossanitário da planta; e EPRI = espessura da polpa na região da inflorescência.

A diversidade morfo-agronômica e da composição de carotenoides de forma indireta (Tabela 4) com base nas 17 variáveis agronômicas de interesse e nas 11 principais variáveis determinantes de C_{Ta} e L_{UTc} pelo método de Tocher proporcionou a formação de 5 grupos, evidenciando a variabilidade dos 55 acessos para estes caracteres. Nesta análise também foram incluídos os parâmetros colorimétricos (L*, a*, b*, C*, H*) e L_{UTb} por suas altas estimativas de correlação com as variáveis principais C_{Ta} e L_{UTc}.

Pela técnica de componentes principais, observou-se que 13 variáveis (CR21, CR35, DEPF, DEPFM, NÓPFM, NFP, EMC, DMF, CMF, FMP, b*, C_{Ta} e %OLEI) explicaram 88% da diversidade genética, sendo as principais variáveis determinantes da variabilidade morfo-agronômica e relacionada à composição de carotenoides. A estimativa do coeficiente de correlação de Mantel entre as matrizes de dissimilaridade com 33 variáveis e estas 13 principais foi de 0,95, corroborando a representatividade destas 13 variáveis na diversidade dos 55 acessos.

Tabela 4 - Agrupamento de Tocher entre acessos de abóbora, gerado por matriz de dissimilaridade proveniente de 13 variáveis selecionadas por meio da análise de componentes principais. Viçosa, MG

Grupo		Acessos			
1	BGH-7660	BGH-1922	BGH-4585	BGH-1514	BGH-4623
	BGH-5253	BGH-7766	BGH-7662	BGH-5232	BGH-7661
	BGH-4515	BGH-1946	BGH-4600	BGH-3333	BGH-5449
	BGH-4586	BGH-4360	BGH-5235	BGH-7667	BGH-4628
	BGH-4615	BGH-4139	BGH-5257	BGH-6996	BGH-4617
	BGH-5210	BGH-1207	BGH-3581	BGH-4514	BGH-1219
	BGH-7764	BGH-0900	BGH-0672	BGH-7663	BGH-7664
	BGH-5622	BGH-6999	BGH-7665	BGH-5233	BGH-1956
	BGH-7319	BGH-6153	BGH-6154	BGH-7765	BGH-5621
	BGH-7318	BGH-7666	BGH-6997	BGH-7316	BGH-7317
2	BGH-5635		BGH-7671		
3	BGH-0035				
4	BGH-7673				
5	BGH-7003				

Na escolha dos acessos para a determinação direta da composição de carotenoides foi utilizado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para as variáveis C_{Ta} e L_{UTc} relacionadas à composição de carotenoides (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias de teores de carotenoides totais e luteína de acessos de abóbora estimados por meio de parâmetros colorimétricos. Viçosa, MG

Acesso	CTa ¹	LUTc ¹	Acesso	CTa	LUTc
BGH-7317	68,09 a	9,49 a	BGH-1207	50,87 c	8,76 b
BGH-7319	72,65 a	9,83 a	BGH-5233	53,00 c	9,03 b
BGH-7671	71,03 a	9,74 a	BGH-6153	56,22 b	8,38 c
BGH-6996	71,03 a	9,80 a	BGH-6154	59,35 b	8,33 c
BGH-7664	68,55 a	9,81 a	BGH-4586	57,47 b	8,42 c
BGH-6997	77,78 a	9,65 a	BGH-1946	60,87 b	8,48 c
BGH-7316	72,05 a	9,36 a	BGH-3333	57,32 b	8,20 c
BGH-7318	68,40 a	9,38 a	BGH-5232	59,64 b	8,28 c
BGH-7765	64,95 a	9,36 a	BGH-7662	58,75 b	8,39 c
BGH-4585	64,88 a	9,45 a	BGH-4139	58,41 b	8,19 c
BGH-5621	57,80 b	9,50 a	BGH-4628	59,35 b	8,43 c
BGH-7003	55,68 b	10,01 a	BGH-0900	55,02 b	8,15 c
BGH-1514	59,80 b	9,40 a	BGH-1922	58,25 b	8,50 c
BGH-6999	63,02 b	9,87 a	BGH-4600	55,31 b	8,22 c
BGH-0035	47,54 c	9,40 a	BGH-7661	54,15 c	8,31 c
BGH-1956	67,49 a	8,77 b	BGH-1219	47,64 c	8,21 c
BGH-5622	54,99 b	9,16 b	BGH-3581	49,50 c	8,18 c
BGH-5635	62,29 b	9,12 b	BGH-5210	55,81 b	7,80 d
BGH-5253	62,50 b	8,88 b	BGH-7667	58,88 b	7,82 d
BGH-5257	60,83 b	8,82 b	BGH-7666	57,22 b	7,24 d
BGH-5449	63,20 b	9,25 b	BGH-4617	47,08 c	7,04 d
BGH-7663	56,94 b	8,78 b	BGH-7673	50,58 c	7,78 d
BGH-7665	62,62 b	9,19 b	BGH-4360	48,63 c	7,77 d
BGH-7660	60,31 b	8,69 b	BGH-4514	53,38 c	7,90 d
BGH-4623	63,38 b	9,20 b	BGH-4615	48,54 c	7,86 d
BGH-7764	61,81 b	8,72 b	Tetsukabuto	42,15 c	10,09 a
BGH-4515	60,31 b	8,88 b	Jacarezinho	71,05 a	9,64 a
BGH-7766	63,06 b	9,05 b	Butternut	57,10 b	9,79 a
BGH-5235	61,23 b	8,76 b	Caserta	13,31 d	4,09 e
BGH-0672	46,78 c	8,65 b	Média Geral (CV%)	58,40 (8,7)	8,73 (5,9)
Mínimo = 13,31 e Máximo = 77,78 (CTa)			Mínimo = 4,09 e Máximo = 10,09 (LUTc)		

¹Carotenoides totais e luteína, em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca, estimados por equações; Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para carotenoides totais destacaram-se os acessos BGH-7317, BGH-7319, BGH-7671, BGH-6996, BGH-7664, BGH-6997, BGH-7316, BGH-7318, BGH-7765, BGH-4585, BGH-1956 e a cultivar ‘Jacarezinho’ (Tabela 5). Com exceção do BGH-1956, os demais acessos selecionados para carotenoides totais foram também promissores quanto ao teor de luteína. Para luteína, além desses, destacaram-se os acessos BGH-5621, BGH-7003, BGH-1514, BGH-6999, BGH-0035 e as cultivares ‘Tetsukabuto’ e

‘Butternut’ como genótipos promissores. Cabe ressaltar que esse grupo de genótipos promissores ainda possui elevada variabilidade para as características agrônômicas de interesse (Tabelas 6 e 7).

Quanto à precocidade observou-se entre os genótipos amplitude de 25,5 a 60,5 dias e de 35,3 a 51,4 dias para emissão da primeira flor feminina e masculina, respectivamente (Tabela 6). A cultivar Butternut e o acesso BGH-7003 foram os genótipos mais precoces e os únicos com hábito de crescimento determinado. A avaliação do aspecto fitossanitário das plantas evidenciou variabilidade entre os acessos quanto à resistência das plantas a doenças fúngicas da parte aérea, com notas variando de 1,7 (mais resistente) a 5,0 (mais suscetível). Ampla variabilidade genética também foi observada para a produtividade (3,3 a 25,6 t ha⁻¹), bem como para os seus componentes como o número de frutos por planta (2,2 a 10,0) e a massa de fruto (1,2 a 6,3 kg) (Tabela 6).

Para as características morfológicas e atributos físico-químicos de fruto observou-se a formação de grupos estatisticamente distintos ($P < 0,05$) para seis das oito variáveis avaliadas (Tabela 7). Quanto ao tamanho de fruto, a amplitude foi de 11,2 a 25,2 cm para o diâmetro e de 16,9 a 33,4 cm para o comprimento médio. Em relação à polpa, a coloração variou de amarela intensa a laranja intensa, a espessura de 1,4 a 4,3 cm e a firmeza entre 99,3 a 146,1 Newton. A massa seca da polpa variou de 8,3 a 15,3% e, embora tendo formado um único grupo, as amplitudes observadas para as variáveis espessura da casca (0,2 a 0,4 cm) e teor de sólidos solúveis (3,3 a 5,1 °Brix) também evidenciam a existência de variabilidade (Tabela 7).

Considerando a composição de carotenoides dos acessos, foram observadas variações de 12,8 a 286,7 µg g⁻¹ para β-caroteno, de 8,1 a 153,8 µg g⁻¹ para α-caroteno e de 0,04 a 1,32 µg g⁻¹ para luteína (Tabela 7). Quanto aos carotenoides totais a variação foi de 27,8 a 506,6 µg g⁻¹. No Brasil, os teores de carotenoides relatados variam de 24 a 235 µg g⁻¹ para β-caroteno, de 17 a 47 µg g⁻¹ para α-caroteno e de 3,3 a 18 µg g⁻¹ para luteína (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008). Murkovic *et al.* (2002) analisaram muitas amostras de abóboras e morangas comercializadas na Áustria e, considerando apenas *C. moschata*, encontraram concentrações de carotenoides variando de 31 a 70 µg g⁻¹ para β-caroteno, de 9,8 a 59 µg g⁻¹ para α-caroteno e de 0,8 a 11 µg g⁻¹ para luteína. Na Zâmbia, Gwanama *et al.* (2002) avaliaram o conteúdo de β-caroteno de 15 variedades locais de abóbora e observaram que o teor deste carotenóide variou de 1,90 a 49,98 µg g⁻¹ para algumas destas variedades. Na Argentina, González *et al.* (2001) determinaram

para a cultivar Butternut concentração de β -caroteno, α -caroteno e luteína de 23,0; 6,0 e 3,0 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente.

Os teores de luteína quantificados foram inferiores em relação aos valores relatados para outras hortaliças (STRINGHETA *et al.*, 2009), mas corroboram os teores obtidos por Nakkanong *et al.* (2012), que variaram de 0,30 a 1,66 $\mu\text{g g}^{-1}$ em frutos maduros.

Os valores da determinação direta de carotenoides totais desse grupo de genótipos promissores foram diferentes daqueles obtidos indiretamente por meio das equações propostas por Itle e Kabelka (2009), mas a correlação entre estas formas de determinação foi de alta magnitude (0,89) e significativa ($P < 0,01$). Já para luteína a correlação, embora significativa ($P < 0,05$), foi de baixa magnitude (0,52). Assim, surge a necessidade de se desenvolver equações para a determinação indireta de carotenoides do gênero *Cucurbita* nas condições de cultivo em ambiente tropical.

De igual forma, sabe-se que os carotenoides em abóbora sofrem influência qualitativa e quantitativa devido a fatores tais como o clima, posição geográfica, grau de maturação, entre outros (GONZÁLEZ *et al.*, 2001; RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008). Além da produtividade da cultura e estabilidade do composto em diferentes ambientes de cultivo, Welch e Graham (2005) citam ainda o grau de impacto dos níveis nutricionais alcançados sobre a saúde humana; a biodisponibilidade do composto, testada em humanos, nas formas tradicionais de preparo e consumo; bem como características como sabor e qualidade de cozimento. Estes aspectos são de fundamental importância no desenvolvimento e adoção de cultivares biofortificadas.

Foram observados 10 grupos de dissimilaridade pela metodologia de Tocher invertido (Tabela 8). Os genótipos BGH-7003, BGH-6997, BGH-7671, BGH-0035, BGH-7765, Butternut, BGH-1956, Tetsukabuto e BGH-7317 são os mais divergentes por pertencerem ao grupo de maior dissimilaridade genética (grupo 1). Considerando a ordem decrescente de dissimilaridade apresentada pelos genótipos dentro deste grupo e 20% de intensidade de seleção, os quatro primeiros acessos seriam selecionados como genitores. Entretanto, o acesso BGH-0035 além de seu baixo teor de carotenoides totais não possui fenótipos de interesse complementares aos três primeiros acessos indicados para a seleção. Assim, optou-se pelo acesso BGH-7765 para incluir o grupo dos quatro selecionados.

Tabela 6 - Caracterização agrônômica de acessos promissores de abóbora. Viçosa, MG

Acesso	DEPFF ¹	DEPFM ²	HC ³	AFP ⁴	NFP ⁵	MF ⁶	PF ⁷
BGH-0035	47,9 b	45,9 a	2,9 c	3,0 b	3,4 b	3,2 c	9442,4 b
BGH-1514	46,7 b	42,4 b	3,8 b	2,8 b	5,7 b	2,7 c	12850,9 b
BGH-1956	52,9 a	49,4 a	3,7 b	3,1 b	7,6 a	4,1 b	23025,0 a
BGH-4585	39,5 c	41,8 b	3,8 b	3,6 b	7,0 a	3,1 c	17938,2 a
BGH-5621	39,7 c	41,8 b	3,1 c	3,4 b	7,6 a	2,1 d	12479,7 b
BGH-6996	43,1 b	42,6 b	3,9 b	3,2 b	5,3 b	2,5 c	12908,7 b
BGH-6997	51,2 b	51,1 a	3,6 b	3,2 b	4,9 b	3,3 c	12931,9 b
BGH-6999	51,0 b	45,9 a	4,4 a	2,6 c	4,1 b	4,4 b	16219,0 a
BGH-7003	25,5 d	35,6 c	2,0 d	5,0 a	3,6 b	1,2 d	3494,4 c
BGH-7316	56,4 a	48,4 a	3,9 b	1,7 c	4,3 b	6,3 a	20291,0 a
BGH-7317	55,5 a	49,2 a	4,7 a	2,2 c	6,2 a	5,1 b	25601,8 a
BGH-7318	56,0 a	47,4 a	3,8 b	2,9 b	7,7 a	3,1 c	14413,0 b
BGH-7319	55,4 a	50,5 a	3,9 b	2,7 c	4,1 b	4,3 b	13333,6 b
BGH-7664	44,3 b	45,6 a	3,7 b	3,2 b	4,9 b	4,6 b	18724,9 a
BGH-7671	60,5 a	51,4 a	4,2 a	2,6 c	2,2 b	6,0 a	12955,2 b
BGH-7765	50,1 b	46,6 a	4,4 a	2,4 c	10,0 a	2,9 c	22078,7 a
Butternut	26,1 d	35,3 c	2,0 d	5,0 a	3,2 b	1,3 d	3304,2 c
Jacarezinho	46,9 b	41,7 b	3,7 b	3,1 b	5,3 b	2,8 c	12366,3 b
Tetsukabuto	36,7 c	49,2 a	3,7 b	4,2 a	6,6 a	2,5 c	13828,3 b
Média	46,6	45,3	3,6	3,2	5,5	3,4	14641,4
Mínimo	25,5	35,3	2,0	1,7	2,2	1,2	3304,2
Máximo	60,5	51,4	4,7	5,0	10,0	6,3	25601,8
CV (%)	10,6	6,7	12,2	16,9	33,5	24,2	32,3

¹DEPFF = dias para a emissão da primeira flor feminina; ²DEPFM = dias para a emissão da primeira flor masculina; ³HC = hábito de crescimento (1 – “bush”, 2 – determinado, 3 – moderadamente indeterminado, 4 – indeterminado, 5 – excessivamente indeterminado); ⁴AFP = aspecto fitossanitário da planta (1 – até 10% de folhas necrosadas por doenças fúngicas, 5 – acima de 75% das folhas necrosadas por doenças fúngicas, aos 113 dias após o transplantio); ⁵NFP = número de frutos por planta; ⁶MF = massa do fruto, em kg; ⁷PF = produtividade de frutos, em kg ha⁻¹.

Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 7 - Caracterização morfológica e da composição de carotenoides de acessos promissores de abóbora. Viçosa, MG

Acesso	Características morfológicas e atributos físico-químicos de fruto								Composição de carotenoides			
	EMC	DMF	CMF	CP	EMP	FMP	TSS	MSP	LUTEÍNA	ALFA	BETA	CT
BGH-0035	0,3 a	20,4 b	21,0 b	3,0 b	2,0 c	146,1 a	4,6 a	9,4 b	0,31 b	8,1 d	12,8 d	27,8 d
BGH-1514	0,3 a	15,5 c	24,1 b	3,4 a	2,5 c	130,8 a	4,6 a	13,0 a	0,27 b	42,2 c	56,1 d	111,9 d
BGH-1956	0,3 a	16,0 c	33,4 a	3,6 a	2,4 c	99,3 b	4,0 a	8,3 b	0,13 b	71,2 b	104,2 c	206,1 c
BGH-4585	0,3 a	13,8 d	31,0 a	3,6 a	2,5 c	139,8 a	4,6 a	9,9 b	0,04 b	56,8 c	61,3 d	121,5 d
BGH-5621	0,3 a	12,8 d	24,6 b	3,2 b	2,0 c	136,3 a	3,3 a	12,1 a	0,09 b	38,8 c	56,0 d	104,0 d
BGH-6996	0,4 a	16,4 c	21,2 b	3,9 a	2,4 c	132,1 a	5,1 a	15,3 a	0,10 b	79,6 b	161,5 b	290,1 c
BGH-6997	0,4 a	16,1 c	28,1 a	4,0 a	2,7 c	145,6 a	3,4 a	14,1 a	0,25 b	153,8 a	286,7 a	506,6 a
BGH-6999	0,2 a	19,4 b	21,1 b	3,3 b	3,4 b	122,7 b	5,0 a	12,2 a	0,39 b	76,7 b	118,0 c	224,5 c
BGH-7003	0,3 a	11,2 d	20,9 b	3,0 b	1,5 c	127,5 a	4,4 a	11,2 b	1,32 a	12,8 d	15,2 d	43,2 d
BGH-7316	0,4 a	25,2 a	22,3 b	3,8 a	4,2 a	119,1 b	4,0 a	11,6 b	0,19 b	76,0 b	126,9 c	227,1 c
BGH-7317	0,4 a	21,7 b	24,1 b	3,3 b	3,0 b	132,3 a	4,2 a	12,5 a	0,36 b	101,5 b	181,3 b	310,2 c
BGH-7318	0,3 a	14,2 d	25,5 b	3,7 a	2,2 c	143,3 a	4,2 a	12,9 a	0,32 b	74,9 b	135,6 c	250,5 c
BGH-7319	0,3 a	18,6 b	26,3 a	3,8 a	3,1 b	109,0 b	4,4 a	13,7 a	0,31 b	132,7 a	186,3 b	365,3 b
BGH-7664	0,3 a	20,2 b	30,5 a	3,8 a	3,6 b	142,4 a	3,6 a	11,3 b	0,25 b	144,9 a	193,6 b	381,0 b
BGH-7671	0,4 a	24,6 a	21,7 b	3,8 a	4,3 a	133,0 a	4,2 a	14,1 a	0,37 b	92,0 b	152,5 b	266,3 c
BGH-7765	0,2 a	16,0 c	21,8 b	3,2 b	2,5 c	112,8 b	4,7 a	11,6 b	0,22 b	73,3 b	116,4 c	219,6 c
Butternut	0,3 a	11,5 d	22,2 b	3,0 b	1,4 c	110,6 b	4,3 a	10,7 b	0,61 b	13,7 d	20,4 d	47,0 d
Jacarezinho	0,3 a	17,6 c	16,9 b	3,6 a	2,6 c	118,2 b	3,6 a	11,6 b	0,67 b	93,5 b	164,6 b	298,2 c
Tetsukabuto	0,3 a	17,7 c	17,0 b	2,7 b	2,8 c	130,9 a	4,6 a	10,1 b	0,52 b	0,3 d	4,2 d	8,6 d
Média	0,3	17,3	23,9	3,5	2,7	128,0	4,3	11,9	0,35	70,7	113,3	211,0
Mínimo	0,2	11,2	16,9	2,7	1,4	99,3	3,3	8,3	0,04	0,3	4,2	8,6
Máximo	0,4	25,2	33,4	4,0	4,3	146,1	5,1	15,3	1,32	153,8	286,7	506,6
CV (%)	26,0	13,0	15,8	10,0	21,1	12,7	22,1	14,7	84,1	34,3	33,4	32,7

EMC = espessura média da casca, em cm; DMF = diâmetro médio do fruto, em cm; CMF = comprimento médio do fruto, em cm; CP = cor da polpa (1 – amarela clara, 2 – amarela intensa, 3 – laranja clara, 4 – laranja intensa); EMP = espessura média da polpa; FMP = firmeza média da polpa, expressa em Newton (N); TSS = teor de sólidos solúveis, em °Brix; MSP = massa seca da polpa, em %; LUTEÍNA = teor de luteína, expresso em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca de polpa; ALFA = teor de α -caroteno, expresso em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca de polpa; BETA = teor de β -caroteno, expresso em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca de polpa; e CT = carotenoides totais determinado por espectrofotômetro, expresso em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca de polpa. Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A seleção abrangeu acessos superiores quanto ao teor de carotenoides com reconhecida ação no organismo humano, β -caroteno, α -caroteno e luteína. O acesso BGH-6997 possui os teores mais elevados de carotenoides totais ($506,6 \mu\text{g g}^{-1}$) e de β -caroteno ($286,7 \mu\text{g g}^{-1}$), estando alocado em um grupo isolado pelo teste de Scott-Knott (Tabela 7). Este teor de β -caroteno torna o acesso BGH-6997 uma das mais ricas fontes de pró-vitamina A já relatadas para a espécie *C. moschata*, dentre os acessos até então avaliados, uma vez que o β -caroteno é o carotenóide mais eficiente como precursor de vitamina A (BOTELLA-PAVÍA; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, 2006). Em vários outros trabalhos são relatados valores inferiores deste precursor de vitamina A, inclusive para hortaliças consideradas tradicionais fontes de carotenoides como a cenoura (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008).

O teor de α -caroteno do acesso BGH-6997 também foi numericamente o mais elevado ($153,8 \mu\text{g g}^{-1}$), embora tenha sido inserido no mesmo grupo dos acessos BGH-7319 e BGH-7664 (Tabela 7). O α -caroteno é descrito como supressor da tumorigênese na pele, no pulmão, no fígado e no cólon, demonstrando, inclusive, uma atividade de supressão superior à promovida pelo β -caroteno (GOMES, 2007).

O melhoramento de abóbora, embora seja especialmente direcionado em elevar o teor de β -caroteno, também deve considerar o teor de luteína. Isso porque, além das evidências na redução do risco de desenvolvimento da degeneração macular relacionada à idade (LANDRUM; BONE, 2001), destaca-se a capacidade antioxidante da luteína que reduz o risco de desenvolvimento de algumas doenças crônicas não transmissíveis (EL-AGAMEY *et al.*, 2004). Nesse sentido, destaca-se o acesso BGH-7003 selecionado como genitor, com elevado teor de luteína ($1,32 \mu\text{g g}^{-1}$). Assim, o comportamento *per se* do genitor BGH-6997 como fonte de α -caroteno e de β -caroteno e do BGH-7003 como fonte de luteína corrobora seus potenciais para uso em programas de melhoramento de abóbora, visando biofortificação.

Todavia, para a adoção de uma cultivar biofortificada em carotenoides é imprescindível que esta também seja agronomicamente produtiva e possua outros atributos de fruto que sejam atrativos ao consumo (WELCH; GRAHAM, 2005). Assim, torna-se importante a seleção de genitores com fenótipos agrônômicos e morfológicos que complementem os selecionados.

Espera-se que uma cultivar de abóbora para ser inserida na cadeia produtiva da cultura seja precoce; possua hábito de crescimento favorável ao cultivo mais adensado; seja resistente aos principais estresses bióticos da cultura, seja prolífica e que seus frutos

possuam tamanhos que atendam a diferentes demandas. Além das características relacionadas à produtividade, o fruto deve possuir maior espessura de polpa e coloração interna atrativa ao consumo e alto teor de sólidos solúveis e matéria seca.

Tabela 8 - Agrupamento de Tocher invertido entre genótipos de abóbora, gerado por matriz de similaridade proveniente de 13 variáveis selecionadas por meio da análise de componentes principais e quatro da composição de carotenoides. Viçosa, MG

Grupo	Acessos				
1	BGH-7003	BGH-6997	BGH-7671	BGH-0035	BGH-7765
		Butternut	BGH-1956	Tetsukabuto	BGH-7317
2		BGH-5621	BGH-7316		
3			BGH-7664		
4			BGH-7319		
5			Jacarezinho		
6			BGH-7318		
7			BGH-4585		
8			BGH-1514		
9			BGH-6999		
10			BGH-6996		

Os acessos BGH-6997 e BGH-7003, selecionados como genitores, já possuem parte dos fenótipos morfo-agronômicos de interesse. BGH-7003, além do elevado teor de luteína, também é o mais precoce e com hábito de crescimento determinado, o que favorece o adensamento de plantas para aumento da produtividade. Além dos elevados teores de carotenoides totais (β -caroteno e α -caroteno) do acesso BGH-6997, destaca-se suas elevadas médias de firmeza e massa seca da polpa (Tabela 7).

Complementando os fenótipos de interesse dos progenitores BGH-6997 e BGH-7003 foram selecionados os acessos BGH-7671 e BGH-7765. O acesso BGH-7671 foi indicado por ter sido alocado no grupo de maior dissimilaridade genética (Tabela 8) e por possuir tamanho grande de frutos (6,0 kg), casca espessa (0,4 cm) e, principalmente, espessura média de polpa larga (4,3 cm). Enquanto o acesso BGH-7765, também alocado no grupo de maior dissimilaridade genética, possui elevado número de frutos por planta (10 un), alto nível de resistência a doenças fúngicas (2,4), elevada produtividade (22 ton ha⁻¹), espessura de casca fina (0,2 cm) e alto teor de sólidos solúveis (4,7 °Brix), entre os acessos avaliados.

A técnica de Tocher Invertido em associação ao comportamento *per se* dos acessos possibilitou a seleção de genitores com elevada frequência de características favoráveis e geneticamente divergentes, que segundo Ramalho e Lambert (2004) é estratégia adequada visando o sucesso dos programas de melhoramento.

Em alguns países como o Brasil, onde a deficiência de vitamina A é considerada um problema nutricional, a contribuição de cultivares biofortificadas em precursores de vitamina A torna-se ainda mais significativa. Para tanto, os genitores selecionados poderão ser cruzados em esquema de dialelos, pois permitem estimar parâmetros genéticos úteis na escolha das populações segregantes mais promissoras e da estratégia de seleção mais adequada no desenvolvimento de cultivares biofortificadas e produtivas. Estas cultivares poderão agregar valor à cultura e disponibilizar alimento funcional à sociedade, principalmente à população que sofre os maiores impactos das carências nutricionais.

4. Conclusões

- Os acessos de abóbora preservados no Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa possuem expressiva variabilidade genética tanto para a composição de carotenoides (β -caroteno, α -caroteno e luteína) quanto para as principais características agronômicas e de morfologia de fruto que são favoráveis ao cultivo e atrativas ao consumo;

- Os acessos BGH-6997, BGH-7003, BGH-7671 e BGH-7765 possuem potencial como genitores para serem inseridos em programas de melhoramento genético de abóbora, visando o desenvolvimento de cultivares biofortificadas e produtivas;

- A técnica de Tocher Invertido em associação ao comportamento *per se* é estratégia promissora na seleção de genitores com elevada frequência de características favoráveis e geneticamente divergentes.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas; à UFV pelo suporte; ao grupo de estagiários do Núcleo de Estudos em Olericultura (NEO) pela efetiva participação na avaliação dos descritores; aos funcionários da Horta de Pesquisas pela contribuição prestada nas atividades de campo; Aos colegas do Laboratório de Corantes Naturais (DTA), do Laboratório de Cromatografia (DFT) e do Laboratório de Vitaminas (DNS) pelas valiosas sugestões nas análises de composição de carotenoides.

6. Referências bibliográficas

- AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4027-4033, 2007.
- BOTELLA-PAVÍA, P.; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, M. Carotenoid biotechnology in plants for nutritionally improved foods. **Physiologia Plantarum**, v. 126, n. 3, p. 369-381, 2006.
- CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. UFV, 2006. 382 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Universidade Federal de Viçosa, 2012. 514 p.
- ECPGR. **Minimum descriptors for *Cucurbita* spp., cucumber, melon and watermelon**. Roma: ECPGR - European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources: 13 p. 2008.
- EL-AGAMEY, A.; LOWE, G. M.; MCGARVEY, D. J.; MORTENSEN, A.; PHILLIP, D. M.; TRUSCOTT, T. G.; YOUNG, A. J. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 430, n. 1, p. 37-48, 2004.
- ESQUINAS-ALCAZAR, J. T.; GULICK, P. J. **Genetic resources of Cucurbitaceae**. Rome: IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), p. 1-7, 1983.
- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. UFV, 1987. 279 p.
- FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, v. 43, n. 3, p. 228-265, 2004.
- GERALDO, R. R. C.; PAIVA, S. A. R.; PITAS, A. M. C. S.; GODOY, I.; CAMPANA, A. O. Distribuição da hipovitaminose A no Brasil nas últimas quatro décadas: ingestão alimentar, sinais clínicos e dados bioquímicos. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 443-460, 2003.
- GOMES, F. D. S. Carotenoides: uma possível proteção contra o desenvolvimento de câncer. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 5, p. 537-548, 2007.
- GONZÁLEZ, E.; MONTENEGRO, M. A.; NAZARENO, M. A.; LÓPEZ DE MISHIMA, B. A. Carotenoid composition and vitamin A value of an Argentinian squash (*Cucurbita moschata*). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 51, n. 4, p. 395-399, 2001.
- GRAHAM, R. D.; WELCH, R. M.; BOUIS, H. E. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. **Advances in Agronomy**, v. 70, p. 77-142, 2001.

GWANAMA, C.; LUNGU, D.; NICTERLEIN, K.; SIMAWACHI, W. Variation of fruit Beta-carotene content of tropical pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) landraces in Zambia. **Noticiário de Recursos Fitogenéticos**, v. 129, p. 44-46, 2002.

HARRISON, E. H. Mechanisms of digestion and absorption of dietary vitamin A. **Annual Review of Nutrition**, v. 25, p. 87-103, 2005.

ITTE, R. A.; KABELKA, E. A. Correlation between $L^* a^* b^*$ color space values and carotenoid content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.). **HortScience**, v. 44, n. 3, p. 633-637, 2009.

JOLLIFFE, I. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Applied Statistics**, p. 21-31, 1973.

LANDRUM, J. T.; BONE, R. A. Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 385, n. 1, p. 28, 2001.

MERCADANTE, A. Z. Chromatographic separation of carotenoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 49, n. 3, supl. 1, p. 52-57S, 1999.

MURKOVIC, M.; MÜLLEDER, U.; NEUNTEUFL, H. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, n. 6, p. 633-638, 2002.

NAKKANONG, K.; YANG, J. H.; ZHANG, M. F. Carotenoid Accumulation and Carotenogenic Gene Expression during Fruit Development in Novel Interspecific Inbred Squash Lines and Their Parents. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 23, p. 5936-5944, 2012.

OLIVEIRA, M. F. **Avaliação de cinco estratégias de amostragem para a obtenção da coleção nuclear de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2007. 143 f. Tese (Doutorado em Agronomia – Genética e Melhoramento de Plantas) - ESALQ - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba, SP, 2007.

PINHEIRO-SANT’ANA, H. M.; STRINGHETA, P. C.; BRANDÃO, S. C. C.; AZEREDO, R. M. C. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. **Food Chemistry**, v. 61, n. 1, p. 145-151, 1998.

RAMALHO, M. A. P.; LAMBERT, E. S. Biometria e o melhoramento de plantas na era da genômica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 02, 2004.

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

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: International Life Sciences Institute Press: 64 p. 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008.

RODRIGUEZ, D. B.; RAYMUNDO, L.; LEE, T. C.; SIMPSON, K.; CHICHESTER, C. Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits. **Annals of Botany**, v. 40, n. 3, p. 615-624, 1976.

RODRIGUEZ, E. B.; FLAVIER, M. E.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; AMAYA-FARFÁN, J. Phytochemicals and functional foods. Current situation and prospect for developing countries. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, p. 1-22, 2006.

SILVA, D. J. H.; MOURA, M.; 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.

SOUZA, W. A. D.; VILAS BOAS, O. M. G. D. C. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 12, n. 3, p. 173-179, 2002.

STRINGHETA, P. C.; NACHTIGALL, A. M.; OLIVEIRA, T.; RAMOS, A. M.; SANT'ANA, H. M. P.; GONÇALVES, M. P. J. C. Luteína: propriedades antioxidantes e benefícios à saúde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2009.

UNDERWOOD, B. A. Vitamin A deficiency disorders: international efforts to control a preventable "pox". **The Journal of Nutrition**, v. 134, n. 1, p. 231S-236S, 2004.

WELCH, R. M.; GRAHAM, R. D. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 18, n. 4, p. 299-307, 2005.

WHO. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005. **WHO Global Database on Vitamin A Deficiency**, p. 1-18, 2009.

5. CAPÍTULO II

Estimativa indireta da concentração de β -caroteno em frutos de abóbora via parâmetros colorimétricos para programas de biofortificação

Resumo: A abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) é considerada uma importante fonte de carotenoides, principalmente β -caroteno, o mais potente precursor de vitamina A encontrado na natureza. Seu consumo minimiza os efeitos prejudiciais provocados pela hipovitaminose A no organismo humano. Em polpa de abóbora observa-se correlação elevada entre os parâmetros colorimétricos e a concentração de β -caroteno. Esses parâmetros colorimétricos são facilmente mensurados por meio de colorímetro, com base nas coordenadas L^* , a^* e b^* . Alguns estudos têm sido realizados visando à predição de carotenoides em polpa de abóbora a partir de valores colorimétricos, todavia, ainda não há metodologia proposta na literatura para predição de β -caroteno. Assim, objetivou-se com este trabalho estimar equações de regressão com base em parâmetros colorimétricos visando estabelecer metodologia simples e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno em programas de biofortificação. As equações de regressão foram construídas com base em dados colorimétricos e de determinação direta de β -caroteno em laboratório, via CLAE, utilizando-se o aplicativo computacional em genética e estatística Genes. A população original avaliada foi constituída por três cultivares comerciais e por 16 acessos com alto teor de carotenoides totais. Foram geradas 57 equações de regressão com base nos parâmetros colorimétricos a^* , b^* e H^* ($r > 0,7$ com β -caroteno). Sete equações de regressão, incluindo os modelos potencial (a^*), exponencial (a^*), logarítmico (a^*) e múltiplo (a^* e H^*), foram eficientes na determinação indireta da concentração de β -caroteno em abóbora ($R^2 > 90\%$). O uso da equação potencial ($Y = 2 \times 10^{-8} (a^{6,2971})$), baseada no parâmetro colorimétrico a^* , é recomendado em razão da sua acurácia ($R^2 = 91,7\%$) e simplicidade de aplicação. A metodologia proposta é barata, rápida e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno e deve ser aplicada especialmente em avaliações que envolvam elevado número de genótipos em programas de biofortificação.

Palavras-chave: *Cucurbita moschata*, carotenoides, seleção indireta, melhoramento genético.

Indirect estimation of the concentration of β -carotene in pumpkin fruits via colorimetric parameters for biofortification programs

Abstract: The pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) is considered an important source of carotenoids, mainly β -carotene, the most potent vitamin A precursor found in nature. Its consumption minimizes the harming effects caused by hypovitaminosis A in the human body. In pumpkin pulp there is a high correlation between the colorimetric parameters and the concentration of β -carotene. These colorimetric parameters can be easily measured with a colorimeter, based on the coordinates L^* , a^* and b^* . Some studies have been carried out to predict carotenoid concentrations in pumpkin pulp from colorimetric values; however, no methodology has yet been proposed in literature for prediction of β -carotene. Thus, the objective of this study was to estimate regression equations based on colorimetric parameters to establish a simple and effective methodology for indirect estimation of the concentration of β -carotene in biofortification programs. Regression equations were constructed based on colorimetric data and direct determination of β -carotene in the laboratory, via HPLC, using the Genes software. The original population evaluated consisted of three commercial cultivars and 16 accessions with high carotenoid levels. Fifty-seven regression equations were generated based on the colorimetric parameters a^* , b^* and H^* ($r > 0.7$ with β -carotene). Seven regression equations, including the power (a^*), exponential (a^*), logarithmic (a^*) and multiple (a^* and H^*) models were efficient in indirectly determining the concentration of β -carotene in pumpkin ($R^2 > 90\%$). Use of the power equation ($Y = 2 \times 10^{-8} (a^{6,2971})$), based on the colorimetric parameter a^* , is recommended because of its use accuracy ($R^2 = 91.7\%$) and simplicity. The proposed method is inexpensive, fast and efficient for indirectly estimating the concentration of β -carotene and should be applied especially in evaluations involving large number of genotypes in biofortification programs.

Keywords: *Cucurbita moschata*, carotenoids, indirect selection, breeding.

1. Introdução

A abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) é considerada uma importante fonte de carotenoides, sendo o β -caroteno o carotenóide majoritário (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2007) e também o mais potente precursor de vitamina A entre os encontrados na natureza (BOTELLA-PAVÍA; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, 2006). Além desse carotenóide, a luteína é outro composto de importância nutricional presente na abóbora, os quais possuem propriedades antioxidantes, o que previne o risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como catarata, degeneração macular relacionada à idade e predisposição ao câncer e doenças cardiovasculares (EL-AGAMEY *et al.*, 2004; RODRIGUEZ *et al.*, 2006). Dietas deficientes em precursores de Vitamina A, especialmente em crianças, provoca cegueira noturna e redução da imunidade a diversas doenças infecciosas (WHO, 2009).

Por se tratar de uma espécie carotenogênica, a abóbora está inserida em um seleto grupo de hortaliças com potencial para programas de biofortificação, visando disponibilizar cultivares mais ricas em precursores de vitamina A (SALTZMAN *et al.*, 2013). O desenvolvimento de cultivares mais ricas em compostos funcionais associados à prevenção de doenças tem se consolidado como um dos principais focos dos modernos programas de melhoramento genético de hortaliças (CARVALHO *et al.*, 2006).

Para que a seleção de genótipos visando a biofortificação possa ser efetiva a condição preliminar é a existência de variabilidade genética para concentração de β -caroteno. O BGH/UFV possui uma amostra representativa de acessos de abóbora que foram coletados em diversas regiões do Brasil e/ou introduzidos de outros países (SILVA *et al.*, 2001). Para que essa variabilidade de β -caroteno seja devidamente quantificada e utilizada uma ampla amostra de genótipos precisa ser caracterizada, visando à seleção de genitores para formação da população-base em programas de melhoramento.

Segundo Veronezi e Jorge (2011) os carotenoides podem ser quantificados e qualificados em alimentos por várias técnicas, como espectrofotometria, espectrometria de massa, cromatografia líquida de alta eficiência, cromatografia a gás e colorimetria. A metodologia padrão para determinação de β -caroteno em hortaliças é realizada por meio de análise espectrofotométrica ou via “High Performance Liquid Chromatography” (HPLC) (CARVALHO *et al.*, 2005). A marcha analítica envolve a extração química dos compostos e requer recursos humanos bem treinados, uso de equipamentos sofisticados,

como espectrofotômetro e sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), vidrarias e reagentes específicos que tornam os custos das análises elevados, aumentam o tempo para obtenção dos dados, além de problemas relacionados ao descarte de solventes orgânicos.

De modo geral, em etapas intermediárias dos programas de melhoramento, são realizadas seleções entre e/ou dentro de famílias de meio-irmãos, de irmãos completos ou endogâmicas, que envolvem análises de centenas ou milhares de plantas. Considerando a concentração de β -caroteno, é tecnicamente impossível utilizar a metodologia de sua determinação direta, via CLAE, para identificar os genótipos mais promissores, tanto na fase de formação da população-base, como, principalmente, na seleção das progênies mais promissoras. Devido à conveniência e maior facilidade, a estratégia de seleção indireta, por meio de equações que associam medidas de cor e teor de pigmentos, tem sido priorizada em diferentes hortaliças.

Em polpa de abóbora há alta correlação entre parâmetros colorimétricos e concentração de β -caroteno (ITLE; KABELKA, 2009). Esses parâmetros são facilmente mensurados por meio do colorímetro, que é um equipamento portátil, acessível e que pode ser utilizado diretamente em campo. Nesse contexto, alguns estudos têm sido realizados visando à predição da concentração de carotenoides em hortaliças a partir de valores colorimétricos, conforme relatado para cenoura (PEREIRA, 2002), abóboras (SEROCHYŃSKA *et al.*, 2006; ITLE; KABELKA, 2009), tomate (ARIAS *et al.*, 2000; CARVALHO *et al.*, 2005), batata (LU *et al.*, 2001), entre outras (LANCASTER *et al.*, 1997). No caso das abóboras, Itle e Kabelka (2009) recomendaram uma equação para ser utilizada em avaliações de germoplasma, mas esta foi desenvolvida para uma população com baixa concentração de carotenoides. Todavia, para a aplicação acurada dessas equações uma pressuposição importante que deve ser observada diz respeito às características da população que deu origem à equação, como a média e a variância. Caso haja violação desse pressuposto, o erro de estimativa aumentará demasiadamente.

Vale ressaltar que em programas de biofortificação a seleção de genitores com elevada frequência de alelos favoráveis deve ser realizada entre acessos com alta concentração de β -caroteno, requerendo assim o desenvolvimento de equações mais apropriadas nesta situação.

Assim, objetivou-se com este trabalho estimar equações de regressão com base em parâmetros colorimétricos visando estabelecer metodologia simples e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno em programas de biofortificação.

2. Material e métodos

Cinquenta e cinco acessos do Banco de Germoplasma de Hortaliças (BGH/UFV) e quatro testemunhas comerciais (Tetsukabuto, Jacarezinho, Butternut e Caserta) foram cultivados no Campo Experimental (20°45'14" S, 42°52'53" W e 648,74 m) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (DFT/UFV), Viçosa-MG, Brasil, de janeiro a julho de 2011. Os genótipos foram alocados em blocos ao acaso com três repetições e cinco plantas por parcela, considerando as três plantas centrais como parcela útil. Foram aplicados os tratos culturais e fitossanitários típicos para a cultura e a colheita foi realizada quando os frutos atingiram o ponto de maturação comercial.

A coloração da polpa foi determinada utilizando-se um colorímetro manual, de triestímulo Color Reader CR-10 Konica Minolta, com os parâmetros: L^* , luminosidade; a^* , contribuição do vermelho e; b^* , contribuição do amarelo. A saturação (C^*) e a tonalidade (H^*) foram também calculadas com base nas seguintes equações (ITLE; KABELKA, 2009):

$$Saturação (C^*) = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \text{ e } H^* = \tan^{-1}(b^* / a^*)$$

As leituras foram feitas em quatro pontos eqüidistantes (região voltada para o sol, terra, pedúnculo e inflorescência) em cada um dos três frutos das parcelas úteis.

Após a obtenção das medidas de cor, foram coletadas amostras de cada fruto avaliado. As amostras simples de cada parcela foram homogeneizadas, submetidas ao “branqueamento”, congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas em câmara de congelamento (-18 °C) até a realização das análises laboratoriais.

Utilizando-se equações propostas por Itle e Kabelka (2009), foram determinados de forma indireta, com base nos parâmetros colorimétricos, o teor de carotenoides totais e de luteína para os 58 genótipos cultivados. Esses genótipos foram agrupados com base no teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, considerando os caracteres carotenoides totais e teor de luteína. Os acessos alocados no grupo de maior média de cada variável (16 acessos) e três testemunhas comerciais foram selecionados para determinação direta de β -caroteno e luteína, perfazendo uma amostra de 19 genótipos.

A extração de carotenoides foi realizada com base nos procedimentos descritos por Rodriguez *et al.* (1976), com algumas adaptações. As concentrações de β -caroteno e luteína foram determinadas por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) de acordo com a metodologia utilizada por Pinheiro-Sant'Ana *et al.* (1998), com algumas

adaptações, empregando-se o cromatógrafo líquido modelo Shimadzu LC 20AT, detector UV-Vis (Shimadzu SPD 20A). Os carotenoides foram separados em coluna monomérica C₁₈ Phenomenex (5 µm, 250 x 4,6 mm) acoplada a Holder SecurityGuard Universal. A fase móvel utilizada foi constituída de metanol/acetonitrila/acetato de etila 80:10:10, com fluxo de 1,7 mL.min⁻¹ em modo isocrático, injeção de 20 µL, sendo os cromatogramas obtidos a 450 nm. A confirmação dos carotenoides foi baseada na avaliação conjunta do comportamento em CLAE, levando-se em conta o tempo de retenção e co-cromatografia com padrão autêntico de β-caroteno (Sigma-Aldrich) e luteína (DSM Nutritional). A quantificação do β-caroteno e luteína nas amostras foi efetuada por padronização externa. A concentração real das amostras foi calculada com base nas diluições e/ou concentrações realizadas e os resultados foram expressos em µg do carotenóide por g de massa fresca da polpa, com base nas equações de regressão (β-caroteno: $7.10^{-6}x + 0,0965$; $R^2 = 0,999$ e luteína: $1.10^{-5}x + 0,0491$; $R^2 = 0,994$).

Equações de predição foram ajustadas utilizando-se os parâmetros colorimétricos e a concentração de β-caroteno dos 19 genótipos selecionados. Para ajuste das equações foi utilizado o aplicativo computacional em genética e estatística Genes (CRUZ, 2006).

3. Resultados e discussão

A concentração de β-caroteno dos 19 genótipos, selecionados com base no teor de carotenoides totais e de luteína, variou de 4,18 a 286,67 µg g⁻¹ (Tabela 1), sendo superior a todos os relatos encontrados para a cultura da abóbora (RODRIGUEZ-AMAYA *et al.*, 2008). Destes genótipos, 63% possuem concentração de β-caroteno superior a 100 µg g⁻¹, os quais apresentam potencial para uso em programas de biofortificação. Para luteína, a concentração variou de 0,04 a 1,32 µg g⁻¹, ficando bem abaixo dos teores relatados para outras hortaliças (STRINGHETA *et al.*, 2009).

As estimativas de correlação entre os parâmetros colorimétricos e a concentração de β-caroteno e luteína também são apresentadas na Tabela 1. Quanto ao β-caroteno, observou-se a existência de correlações significativas e de alta magnitude (>0,7) para três (a*, b* e H*) dos cinco parâmetros colorimétricos mensurados. Para a concentração de β-caroteno e os parâmetros colorimétricos a*, b* e H* as estimativas dos coeficientes de determinação genotípico, em nível de média, foram superiores a 90% (Tabela 1), evidenciando o potencial da predição da concentração de β-caroteno em

genótipos de abóbora a partir de equações estabelecidas com base nesses parâmetros colorimétricos.

Para luteína verificou-se, de modo geral, a ocorrência de correlações de baixa magnitude, com maior valor de 0,52 (Tabela 1). Em razão disso, as equações de regressão foram estimadas, com base nos parâmetros colorimétricos a^* , b^* e H^* , isolados e/ou associados no mesmo modelo, somente para predição de β -caroteno, tendo sido geradas 57 equações de regressão (Tabela 2).

Tabela 1 - Parâmetros colorimétricos e concentração de β -caroteno e luteína de genótipos de abóbora determinados por Sistema de Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Viçosa, MG

Genótipo	Parâmetros Colorimétricos					β -caroteno ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Luteína ($\mu\text{g g}^{-1}$)
	L^*	a^*	b^*	C^*	H^*		
Tetsukabuto	57,09	21,06	64,72	68,10	71,99	4,18	0,52
BGH-0035	58,19	24,22	60,54	65,25	68,18	12,79	0,31
BGH-7003	57,21	28,97	61,10	67,75	64,60	15,19	1,32
Butternut	55,89	29,80	59,60	66,84	63,31	20,44	0,61
BGH-5621	57,82	30,21	58,06	65,64	62,52	56,02	0,09
BGH-1514	57,09	31,38	56,94	65,23	60,97	56,06	0,27
BGH-4585	54,75	34,35	55,60	65,46	58,29	61,32	0,04
BGH-1956	51,55	35,87	51,27	62,62	55,04	104,24	0,14
BGH-7765	55,08	34,39	55,04	65,07	58,05	116,44	0,22
BGH-6999	56,99	33,26	57,98	67,18	60,48	118,01	0,39
BGH-7316	53,36	38,54	52,37	65,08	53,90	126,87	0,19
BGH-7318	53,69	36,41	53,91	65,17	56,06	135,64	0,32
BGH-6996	54,43	37,94	54,87	66,90	55,35	161,54	0,10
BGH-7671	55,11	37,95	54,75	66,66	55,27	162,77	0,34
Jacarezinho	53,94	37,96	55,41	66,23	56,79	164,59	0,67
BGH-7317	55,67	36,22	54,58	65,61	56,59	181,25	0,36
BGH-7319	54,13	38,90	54,43	67,00	54,48	186,25	0,31
BGH-7664	55,76	36,49	55,90	66,95	56,94	193,58	0,25
BGH-6997	51,02	41,89	51,33	66,28	50,77	286,67	0,25
Média	55,20	33,99	56,23	66,05	58,92	113,89	0,35
Mínimo	51,02	21,06	51,27	62,62	50,77	4,18	0,04
Máximo	58,19	41,89	64,72	68,10	71,99	286,67	1,32
ϕ_g	79,02	90,69	91,46	46,91	93,04	92,22	64,24
r (β -caroteno)	-0,68**	0,88**	-0,77**	-0,03 ^{ns}	-0,86**	-	-0,31 ^{ns}
r (Luteína)	0,30 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,51*	0,52*	0,40 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	-

**Correlações significativas a 1% de probabilidade, pelo teste t; ^{ns}Não significativo; r = Correlação de Pearson; ϕ_g = Coeficiente de determinação genotípico.

Tabela 2 - Equações estimadas com base em parâmetros colorimétricos para modelos de regressão simples, múltipla e polinomial, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), visando à seleção indireta de genótipos de abóbora ricos em β -caroteno. Viçosa, MG

N	Modelo (Var. Independente)	Equação ajustada $Y = \text{Concentração de } \beta\text{-caroteno (}\mu\text{g g}^{-1}\text{ MF de polpa)}$	R^2 (%) **
1	Linear (a)	$Y = -318,50 + 12,72a$	78,02
2	Linear (b)	$Y = 1064,01 - 16,90b$	58,70
3	Linear (H)	$Y = 842,12 - 12,36H$	73,81
4	Quadrática (a)	$Y = 369,78 - 32,34a + 0,71a^2$	87,31
5	Quadrática (b)	$Y = 1394,33 - 28,44b + 0,10b^2$	58,73
6	Quadrática (H)	$Y = 3037,71 - 84,62H + 0,59H^2$	80,35
7	Cúbica (a)	$Y = 302,12 - 25,55a + 0,49a^2 + 0,002a^3$	87,31
8	Cúbica (b)	$Y = -49293,89 + 2625,93b - 46,09b^2 + 0,27b^3$	63,06
9	Cúbica (H)	$Y = 2584,57 - 62,17H + 0,22H^2 + 0,002H^3$	80,36
10	Raiz Quadrada (a)	$Y = 2352,56 - 968,22\sqrt{a} + 99,69a$	87,23
11	Raiz Quadrada (b)	$Y = 1907,90 - 223,12\sqrt{b} - 2,16b$	58,71
12	Raiz Quadrada (H)	$Y = 9561,55 - 2237,45\sqrt{H} + 130,87H$	80,34
13	Potencial (a)	$Y = 2 \times 10^{-8} (a^{6,2971})$	91,70
14	Potencial (b)	$Y = 5,4 \times 10^{30} (b^{-16,50})$	76,80
15	Potencial (H)	$Y = 2,8 \times 10^{23} (H^{-12,20})$	87,43
16	Exponencial (a)	$Y = 0,073 \left(1,227^a \right)$	90,84
17	Exponencial (b)	$Y = 1024831717,74 \left(0,7469^b \right)$	78,76
18	Exponencial (H)	$Y = 11533105,41 \left(0,82^H \right)$	89,00
19	Hiperbólica 1 (a)	$Y = 430,74 - \frac{10469,89}{a}$	64,76
20	Hiperbólica 1 (b)	$Y = -867,49 + \frac{54994,68}{b}$	58,43
21	Hiperbólica 1 (H)	$Y = -680,32 + \frac{46465,27}{H}$	77,58
22	Hiperbólica 2 (a)	$Y = \frac{1}{(0,3194 - 0,0085a)}$	66,55

23	Hiperbólica 2 (b)	$Y = \frac{1}{(-0,6891 + 0,0128b)}$	63,84
24	Hiperbólica 2 (H)	$Y = \frac{1}{(-0,4739 + 0,0085H)}$	67,09
25	Logarítmica E (a)	$Y = -1200,52 + 374,16 \ln(a)$	71,95
26	Logarítmica E (b)	$Y = 4008,86 - 967,04 \ln(b)$	58,67
27	Logarítmica E (H)	$Y = 3218,21 - 762,24 \ln(H)$	75,89
28	Logarítmica 10 (a)	$Y = -1200,52 + 861,53 \log(a)$	71,95
29	Logarítmica 10 (b)	$Y = 4008,86 - 2226,69 \log(b)$	58,67
30	Logarítmica 10 (H)	$Y = 3218,21 - 1755,13 \log(H)$	75,89
31	Log-recíproca (a)	$\log(Y) = 4,31 - \frac{80,15}{a}$	90,52
32	Log-recíproca (b)	$\log(Y) = -5,30 + \frac{402,42}{b}$	74,63
33	Log-recíproca (H)	$\log(Y) = -3,51 + \frac{315,60}{H}$	85,37
34	Cúbica-raiz (a)	$Y = -290,68 - 163,80\sqrt{a} + 482,34\sqrt{a^3} + 15,85a^3$	87,31
35	Cúbica-raiz (b)	$Y = -402845,62 - 21190,22\sqrt{a} + 160238,10\sqrt{a^3} + 931,86a^3$	62,99
36	Cúbica-raiz (H)	$Y = 2076,43 - 239,90\sqrt{H} + 650,24\sqrt{H^3} + 15,84H^3$	80,35
37	Log-Log (a)	$\log(Y) = -7,72 + 6,30 \log(a)$	91,70
38	Log-Log (b)	$\log(Y) = 30,74 - 16,50 \log(b)$	76,80
39	Log-Log (H)	$\log(Y) = 23,46 - 12,20 \log(H)$	87,43
40	Ln-Ln (a)	$\ln(Y) = -17,78 + 6,30 \ln(a)$	91,70
41	Ln-Ln (b)	$\ln(Y) = 70,78 - 16,50 \ln(b)$	76,80
42	Ln-Ln (H)	$\ln(Y) = 54,02 - 12,20 \ln(H)$	87,43
43	Exp (a)	$Y = 0,07304e^{(0,20a)}$	90,84
44	Exp (b)	$Y = 1024831717,74e^{(-0,29b)}$	78,76
45	Exp (H)	$Y = 11533105,41e^{(-0,20H)}$	89,00
46	Múltipla 1 (aH)	$Y = -1247,90 + 22,66a + 10,04H$	79,05
47	Múltipla 2 (aH)	$Y = -400,25 - 23,46a + 0,70a^2 + 8,19H$	88,00

48	Múltipla 3 (aH)	$Y = 897,70 + 26,65a - 68,73H + 0,67H^2$	87,46
49	Múltipla 4 (aH)	$Y = -1934,58 - 79,08a + 1,48a^2 + 96,91H - 0,78H^2$	88,21
50	Múltipla 5 (aH)	$Y = -2712,72 + 66,24a + 32,99H - 0,69aH$	87,82
51	Múltipla 6 (aH)	$Y = 2996,81 - 154,98a + 1,72a^2 - 28,37H + 1,02aH$	88,09
52	Múltipla 7 (aH)	$Y = -15544,80 + 204,62a + 396,06H - 2,42H^2 - 3,12aH$	88,38
53	Múltipla 8 (aH)	$Y = -26324,42 + 450,18a - 1,40a^2 + 619,91H - 3,58H^2 - 5,67aH$	88,43
54	Múltipla 9 (aH)	$Y = -25897,43 + 437,10a - 1,27a^2 + 611,27H - 3,54H^2 - 5,50aH - 0,00145a^2H$	88,44
55	Múltipla 10 (aH)	$Y = -26073,84 + 446,07a - 1,35a^2 + 616,38H - 3,58H^2 - 5,74aH - 0,00132aH^2$	88,44
56	Múltipla 11 (aH)	$Y = -25015,07 + 388,79a - 0,84a^2 + 584,25H - 3,36H^2 - 4,15aH - 0,0095a^2H - 0,00793aH^2$	88,44
57	Múltipla 12 (aH)	$Y = -40771,68 + 98,89a + 23,32a^2 + 908,47H - 3,62H^2 + 21,85aH - 1,12a^2H - 0,41aH^2 + 0,0126a^2H^2$	90,26

**Todos os coeficientes de regressão são significativos a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Para as 57 equações ajustadas, observou-se que o coeficiente de determinação (R^2) variou de 58,43 a 91,70%. De acordo com Tedeschi (2006), o grau de ajuste do modelo de regressão pode ser avaliado por meio do R^2 , que expressa o quanto da variação na variável dependente (β -caroteno) é explicado pelas variações das variáveis independentes (parâmetros colorimétricos).

Considerando os modelos de regressão que envolveu apenas uma variável independente, observou-se que seis equações de regressão, incluindo os modelos potencial (a^*), exponencial (a^*) e logarítmico (a^*) foram os mais eficientes na determinação indireta da concentração de β -caroteno em abóbora, com valores de R^2 superiores a 90% (Tabela 2). Para as equações de regressão múltipla, envolvendo pares de variáveis independentes, observou-se de modo geral que o incremento de uma segunda variável não resultou em aumento significativo do R^2 . Somente para a equação 57 (envolvendo as variáveis independentes a^* e H^*) observou-se R^2 superior a 90%. Para as demais combinações envolvendo pares de variáveis, os coeficientes de determinação foram ainda menores (dados não apresentados). Seroczyńska *et al.* (2006) também observaram que a incorporação dos parâmetros colorimétricos (L^* a^* b^*) numa mesma equação não aumentou a associação encontrada entre um único parâmetro (a^* ou b^*) e o teor de carotenoides totais e de β -caroteno de polpa de moranga (*C. maxima*), respectivamente.

Levando em conta a simplicidade de aplicação e a magnitude do ajuste das equações com R^2 superior a 90%, optou-se pelo modelo potencial, $Y = 2 \times 10^{-8} (a^{6,2971})$ (Figura 1). Itle e Kabelka (2009) observaram relação linear entre o parâmetro a^* e o teor

de carotenoides totais de abóboras. Cabe ressaltar que a população utilizada por esses autores possui baixo teor de carotenoides, variando de 0,0 a 15,3 $\mu\text{g g}^{-1}$ e média de 2,7 $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca, enquanto que para a população utilizada no presente estudo a média da concentração de β -caroteno foi de 113,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ e apenas 16% dos genótipos possui concentração de β -caroteno inferior a 15,3 $\mu\text{g g}^{-1}$. Em moranga, Seroczyńska *et al.* (2006) verificaram que o modelo de regressão exponencial, com base no parâmetro colorimétrico a^* , explicou 74% das variações de β -caroteno da polpa.

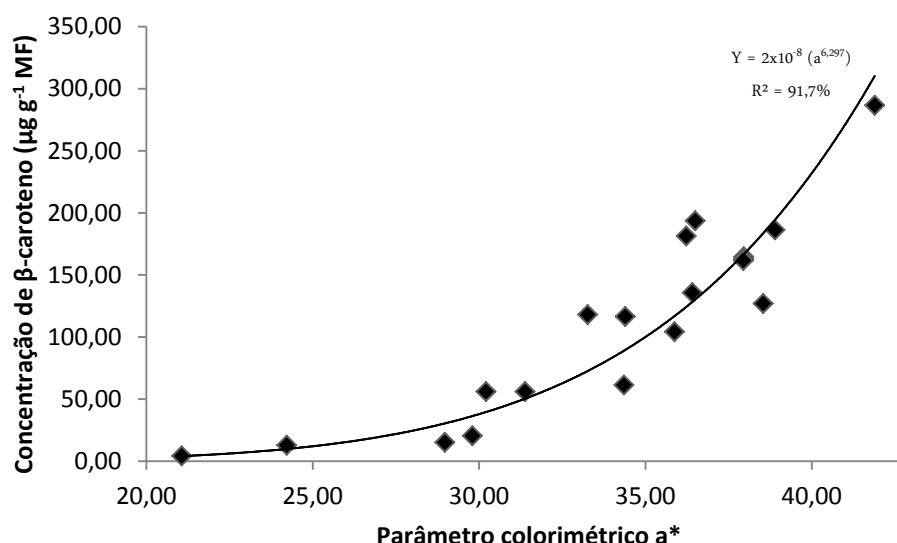


Figura 1 - Equação de regressão potencial para predição da concentração de β -caroteno em polpa de abóbora com base no parâmetro colorimétrico a^* . Viçosa, MG

Pereira (2002) avaliou a relação entre a cor e o teor de carotenoides de cenoura e observou que o parâmetro a^* (sistema Hunter ou CIELAB) explicou satisfatoriamente as concentrações de carotenoides totais e β -caroteno das cultivares estudadas em diferentes períodos de colheita. As melhores estimativas foram obtidas com os modelos polinomiais em função de a^* , optando-se pelo modelo quadrático para as épocas de colheita até 100 dias e pelo modelo linear aos 120 dias. Para tomate, Arias *et al.* (2000) observaram relação exponencial entre os parâmetros a^* , a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$ e a concentração de licopeno, enquanto Carvalho *et al.* (2005) observaram relação linear entre os parâmetros a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$ e a concentração de licopeno ($R^2=0,90$ e $0,91$, respectivamente).

Na Tabela 3 são apresentados os valores da concentração de β -caroteno por determinação direta e os valores preditos a partir da equação potencial proposta ($Y = 2 \times 10^{-8} (a^{6,2971})$). Segundo Tedeschi (2006), a adequação do modelo matemático

também tem sido avaliada por meio da coincidência do ranqueamento com base nos valores originais e os preditos a partir do modelo, dado pela correlação de Spearman. Para o conjunto de dados em estudo, a estimativa do coeficiente de correlação de Spearman foi de 0,91, evidenciando elevada concordância no ranking obtido pelos valores observados e preditos para a concentração de β -caroteno (Tabela 3). Em razão do elevado custo e tempo necessário para a determinação direta da concentração de β -caroteno, as metodologias utilizadas para sua quantificação, método espectrofotométrico e cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), poderão ser substituídos pelo método colorimétrico que não necessita extrair os pigmentos, sendo uma alternativa rápida, barata e de fácil aplicação. A equação proposta possui potencial para uso nos estudos que necessitam de um número excessivo de análises de carotenoides, como por exemplo, na caracterização do elevado número de acessos que se encontram preservados em bancos de germoplasma no Brasil. Assim, pode-se avaliar inicialmente a concentração de β -caroteno de forma indireta e fazer uma seleção dos acessos mais promissores para a determinação direta, visando à escolha de genitores para formação da população-base.

A seleção indireta via colorímetro também possui aplicabilidade na fase intermediária dos programas de melhoramento, em que a seleção pode ser praticada no nível de populações, de indivíduos, de médias de famílias e entre e dentro de família (NEGREIROS, 2006). A seleção de indivíduos dentro de famílias superiores tem merecido considerável atenção por parte dos melhoristas, uma vez que, em muitas estruturas de famílias, considerável proporção da variância genética aditiva permanece disponível entre as plantas dentro de progênies. Na seleção entre e dentro de famílias, em uma primeira etapa identificam-se as melhores famílias com base na média da parcela e, posteriormente, selecionam-se, nas famílias, os indivíduos com melhor desempenho (SAMPAIO *et al.*, 2000). Essas estratégias de seleção combinada tornam o uso da seleção indireta ainda mais importante por ampliar consideravelmente o número de amostras a serem analisadas em um programa de melhoramento.

Tabela 3 - Predição da concentração de β -caroteno em polpa de abóbora com base na equação potencial e no parâmetro colorimétrico a^* , com seu coeficiente de determinação (R^2) e correlação de Spearman. Viçosa, MG

Genótipo	Concentração real (CR) e predita (CP) de β -caroteno ($\mu\text{g g}^{-1}$ de M.F.)	
	CR (via CLAE)	CP (via equação potencial)
Tetsukabuto	4,2	4,3
BGH-0035	12,8	10,4
BGH-7003	15,2	32,2
Butternut	20,4	38,4
BGH-5621	56,0	41,8
BGH-1514	56,1	53,2
BGH-4585	61,3	94,0
BGH-1956	104,2	123,5
BGH-7765	116,4	94,7
BGH-6999	118,0	76,7
BGH-7316	126,9	193,9
BGH-7318	135,6	135,6
BGH-6996	161,5	175,8
BGH-7671	162,8	176,0
Jacarezinho	164,6	176,2
BGH-7317	181,3	131,3
BGH-7319	186,3	205,5
BGH-7664	193,6	137,5
BGH-6997	286,7	327,8
Média	113,9	117,3
R^2 (%)		91,70
Correlação de Spearman (CR x CP)		0,91

4. Conclusões

- Equações de modelo potencial (a^*), exponencial (a^*), logarítmico (a^*) e múltiplo (a^* e H^*), estabelecidas com base nos parâmetros colorimétricos a^* e H^* , foram eficientes na determinação indireta da concentração de β -caroteno em abóbora, com coeficientes de determinação superiores a 90%; e

- O uso da equação potencial, baseada no parâmetro colorimétrico a^* , é recomendado em razão da sua acurácia ($R^2 = 91,7\%$) e simplicidade de aplicação, sendo uma metodologia barata, rápida e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno, especialmente em avaliações que envolvam elevado número de genótipos em programas de biofortificação.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsas; à UFV pelo suporte; ao grupo de estagiários do Núcleo de Estudos em Olericultura (NEO) pela efetiva participação na coleta de dados; aos funcionários da Horta de Pesquisas pela contribuição prestada nas atividades de campo; Aos colegas do Laboratório de Corantes Naturais (DTA), Laboratório de Cromatografia (DFT) e do Laboratório de Vitaminas (DNS) pelas valiosas sugestões nas análises de determinação direta de β -caroteno.

6. Referências bibliográficas

ARIAS, R.; LEE, T. C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L^* , a^* , b^* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 5, p. 1697-1702, 2000.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Qualitative and quantitative differences in carotenoid composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 10, p. 4027-4033, 2007.

BOTELLA-PAVÍA, P.; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, M. Carotenoid biotechnology in plants for nutritionally improved foods. **Physiologia Plantarum**, v. 126, n. 3, p. 369-381, 2006.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 4, 2006.

CARVALHO, W.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, H. R.; BOITEUX, L. S.; GIORDANO, L. B. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 819-825, 2005.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: biometria**. UFV, 2006. 382 p.

EL-AGAMEY, A.; LOWE, G. M.; MCGARVEY, D. J.; MORTENSEN, A.; PHILLIP, D. M.; TRUSCOTT, T. G.; YOUNG, A. J. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 430, n. 1, p. 37-48, 2004.

ITLÉ, R. A.; KABELKA, E. A. Correlation between L^* a^* b^* color space values and carotenoid content in pumpkins and squash (*Cucurbita* spp.). **HortScience**, v. 44, n. 3, p. 633-637, 2009.

LANCASTER, J. E.; LISTER, C. E.; REAY, P. F.; TRIGGS, C. M. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 122, n. 4, p. 594-598, 1997.

LU, W.; HAYNES, K.; WILEY, E.; CLEVIDENCE, B. Carotenoid content and color in diploid potatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 126, n. 6, p. 722-726, 2001.

NEGREIROS, J. R. S. **Seleção combinada, massal e entre e dentro, análise de trilha e repetibilidade em progênies de meios-irmãos de maracujazeiro (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)**. 2006. 128 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

PEREIRA, A. S. **Teores de carotenóides em cenoura (*Daucus carota* L.) e sua relação com a coloração das raízes**. 2002. 128 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; STRINGHETA, P. C.; BRANDÃO, S. C. C.; AZEREDO, R. M. C. Carotenoid retention and vitamin A value in carrot (*Daucus carota* L.) prepared by food service. **Food Chemistry**, v. 61, n. 1, p. 145-151, 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 6, p. 445-463, 2008.

RODRIGUEZ, D. B.; RAYMUNDO, L.; LEE, T. C.; SIMPSON, K.; CHICHESTER, C. Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits. **Annals of Botany**, v. 40, n. 3, p. 615-624, 1976.

RODRIGUEZ, E. B.; FLAVIER, M. E.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; AMAYA-FARFÁN, J. Phytochemicals and functional foods. Current situation and prospect for developing countries. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, p. 1-22, 2006.

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**, 2013.

SAMPAIO, P. D. T. B.; RESENDE, M. D.; ARAUJO, A. D. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2243-2253, 2000.

SEROCZYŃSKA, A.; KORZENIEWSKA, A.; SZTANGRET-WIŚNIEWSKA, J.; NIEMIROWICZ-SZCZYTT, K.; GAJEWSKI, M. Relationship between carotenoids content and flower or fruit flesh colour of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.). **Folia Horticulturae**, v. 18, n. 1, p. 51-61, 2006.

SILVA, D. J. H.; MOURA, M.; 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.

STRINGHETA, P. C.; NACHTIGALL, A. M.; OLIVEIRA, T.; RAMOS, A. M.; SANT'ANA, H. M. P.; GONÇALVES, M. P. J. C. Luteína: propriedades antioxidantes e benefícios à saúde. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 2, p. 229-238, 2009.

TEDESCHI, L. O. Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, v. 89, n. 2, p. 225-247, 2006.

VERONEZI, C. M.; JORGE, N. Carotenoides em abóboras. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 1, 2011.

WHO. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005. **WHO Global Database on Vitamin A Deficiency**, p. 1-18, 2009.

6. CONCLUSÕES GERAIS

- Os acessos de abóbora preservados no Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa possuem expressiva variabilidade genética tanto para a composição de carotenoides (β -caroteno, α -caroteno e luteína) quanto para as principais características agronômicas e de morfologia de fruto que são favoráveis ao cultivo e atrativas ao consumo;

- Os acessos BGH-6997, BGH-7003, BGH-7671 e BGH-7765 possuem potencial como genitores para serem inseridos em programas de melhoramento genético de abóbora, visando o desenvolvimento de cultivares biofortificadas e produtivas;

- A técnica de Tocher Invertido em associação ao comportamento *per se* é estratégia promissora na seleção de genitores com elevada frequência de características favoráveis e geneticamente divergentes;

- Equações de modelo potencial (a^*), exponencial (a^*), logarítmico (a^*) e múltiplo (a^* e H^*), estabelecidas com base nos parâmetros colorimétricos a^* e H^* , foram eficientes na determinação indireta da concentração de β -caroteno em abóbora, com coeficientes de determinação superiores a 90%;

- O uso da equação potencial, baseada no parâmetro colorimétrico a^* , é recomendado em razão da sua acurácia e simplicidade de aplicação, sendo uma metodologia barata, rápida e eficiente na estimativa indireta da concentração de β -caroteno, especialmente em avaliações que envolvam elevado número de genótipos e;

- A identificação de genitores que associam características favoráveis ao cultivo e atrativas ao consumo (composição de carotenoides e morfologia de fruto) e de uma metodologia simples e eficiente na estimação de β -caroteno em germoplasma de abóbora trouxe subsídios suficientes para o estabelecimento de programas de melhoramento de abóbora visando biofortificação.

7. APÊNDICES

Apêndice A - Descritores de plântulas, obtidos de 55 acessos e quatro cultivares comerciais de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV). Viçosa, MG

Genótipo	Descritores de Plântulas											
	%E*	IVE*	CC*	LC*	CH*	DH*	IS*	FC ^P	AC ^P	ANC ^P	CorH ^P	PH ^{NP}
BGH-0035	100,0	1,7	7,7	4,1	5,0	3,7	42,2	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-0672	100,0	1,8	7,3	4,7	4,8	4,2	38,1	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
BGH-0900	88,9	1,3	7,0	4,2	3,7	4,0	36,3	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-1207	100,0	1,8	8,3	4,4	5,7	4,5	36,9	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-1219	97,2	1,7	7,7	4,6	4,3	4,0	40,1	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-1514	100,0	1,9	7,8	4,2	3,6	4,5	38,7	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-1922	94,4	2,0	9,2	4,9	4,1	4,5	41,5	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
BGH-1946	100,0	2,2	8,2	3,9	5,2	4,3	37,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
BGH-1956	100,0	2,1	8,3	4,2	4,6	4,3	35,7	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-3333	97,2	1,9	7,5	4,3	4,6	4,1	36,6	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
BGH-3581	75,0	1,1	7,9	3,9	3,4	3,8	41,7	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-4139	100,0	1,7	7,8	4,8	3,7	3,9	38,2	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-4360	94,4	2,0	8,5	5,1	4,1	4,3	36,5	3,0	1,0	2,0	1,0	1,0
BGH-4514	100,0	2,0	9,7	5,2	4,7	4,8	36,5	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0
BGH-4515	100,0	2,0	8,9	5,0	5,3	4,5	38,9	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
BGH-4585	100,0	1,8	8,5	4,5	4,9	4,3	37,8	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-4586	94,4	2,0	8,2	4,5	3,0	4,1	37,7	2,0	1,0	2,0	2,0	1,0
BGH-4600	100,0	2,0	8,1	4,6	4,2	4,4	39,3	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
BGH-4615	100,0	2,0	8,4	4,2	3,4	3,8	36,5	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-4617	100,0	1,8	8,6	4,4	4,0	3,9	36,1	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-4623	100,0	2,0	8,4	4,4	4,6	4,4	36,6	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-4628	100,0	1,9	8,4	4,3	3,6	4,0	35,5	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-5210	88,9	1,4	8,3	4,2	5,4	3,7	40,3	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-5232	88,9	1,8	8,9	4,8	4,2	4,4	38,3	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
BGH-5233	91,7	1,4	9,0	4,7	5,8	4,4	38,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-5235	100,0	2,0	8,4	4,9	4,5	4,3	41,0	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-5253	94,4	1,8	8,4	4,2	4,3	3,6	35,2	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-5257	88,9	1,5	7,5	4,1	4,9	3,8	37,9	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-5449	91,7	1,2	7,4	4,5	5,1	4,1	42,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-5621	61,1	1,0	6,8	3,8	3,9	4,0	38,3	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-5622	63,9	0,7	6,1	3,5	3,9	2,3	41,5	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-5635	97,2	1,4	7,3	4,6	6,9	4,6	43,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-6153	58,3	0,8	7,1	4,0	3,6	4,1	39,2	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-6154	41,7	0,6	6,3	3,9	2,6	3,4	38,4	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-6996	100,0	1,8	8,1	4,2	4,5	4,0	34,8	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-6997	58,3	0,7	7,2	3,9	2,7	3,1	38,9	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-6999	97,2	1,8	8,7	5,2	5,8	4,4	40,6	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7003	100,0	1,8	6,5	3,8	4,1	4,4	36,5	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0
BGH-7316	94,4	1,4	8,0	4,2	4,4	3,7	38,8	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7317	94,4	1,4	7,4	4,2	4,9	3,5	39,2	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7318	72,2	1,1	7,1	4,4	4,3	3,8	39,0	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7319	94,4	1,7	8,6	4,3	6,1	3,8	36,9	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7660	88,9	1,3	7,3	3,8	4,5	3,4	38,9	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7661	100,0	2,1	8,4	4,6	6,3	4,0	37,2	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7662	94,4	1,9	7,5	4,4	4,2	4,0	35,8	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7663	100,0	1,9	8,1	4,1	5,2	3,8	37,7	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7664	94,4	1,5	8,3	4,4	5,5	3,6	37,8	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7665	91,7	1,4	7,6	4,1	5,4	3,6	41,8	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7666	94,4	1,6	7,7	3,8	5,2	3,7	32,2	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0
BGH-7667	94,4	1,7	6,9	4,0	5,6	3,4	34,8	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0
BGH-7671	100,0	1,9	8,9	4,7	5,3	4,2	35,9	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7673	97,2	2,0	9,0	5,1	5,7	4,8	41,4	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0
BGH-7764	100,0	1,9	9,0	5,1	5,0	4,7	41,6	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
BGH-7765	100,0	2,1	8,5	4,5	4,9	4,6	39,3	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
BGH-7766	100,0	1,9	8,3	4,2	5,1	4,4	37,2	2,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Butternut	86,1	1,3	6,1	3,4	4,5	3,5	38,8	2,0	2,0	1,0	2,0	1,0
Caserta	94,4	1,9	8,7	3,7	4,9	4,1	32,3	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Jacarezinho	100,0	1,8	7,6	4,0	4,2	4,0	35,9	2,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Tetsukabuto	97,2	2,0	7,9	4,9	4,4	4,5	36,2	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Média/Moda	92,4	1,7	7,9	4,3	4,6	4,0	38,1	2	2	1	1	1
Mínimo	41,7	0,6	6,1	3,4	2,6	2,3	32,2	2	1	1	1	1
Máximo	100,0	2,2	9,7	5,2	6,9	4,8	43,0	3	2	2	2	1
CV(%)	6,4	10,2	8,7	5,6	21,2	12,0	5,9	-	-	-	-	-

*Efeito de genótipo significativo pelo teste F ($P < 0,05$); ^PVariável polimórfica; ^{NP}Não polimórfica. Percentagem de emergência (%E); Índice de velocidade de emergência (IVE); Comprimento do cotilédone (CC), em cm; Largura do cotilédone (LC), em cm; Comprimento do hipocótilo (CH), em cm; Diâmetro do hipocótilo (DH), em cm; Índice SPAD da 1ª folha definitiva (IS); Formato do cotilédone (FC: 1=elíptica; 2=elíptica larga; 3=ovalada); Ápice do cotilédone (AC: 1=entalhado; 2=não entalhado); Aparência de nervuras cotiledonares (ANC: 1=obscura; 2=óbvia); Cor do hipocótilo (CorH: 1=verde claro; 2=verde; 3=verde-roxo; 4=roxo); e Pubescência do hipocótilo (PH: 0=ausente; 1=presente).

Apêndice B - Descritores da fase vegetativa, obtidos de 55 acessos e quatro cultivares comerciais de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortalças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV). Viçosa, MG

Genótipo	Descritores da Fase Vegetativa													
	CR7 ^a	CR14 ^a	CR21 ^a	CR28 ^a	CR35 ^a	TC14 ^a	TC21 ^a	TC28 ^a	TC35 ^a	CHP ^b	NRG ^c	NR ^c	HC ^c	AFP ^d
BGH-0035	0,06	0,1	0,2	0,7	1,4	0,5	1,3	3,2	4,8	3	3,2	4,7	2,9	3,0
BGH-0672	0,05	0,2	0,8	1,7	2,9	2,7	5,3	8,0	10,3	3	3,1	5,0	3,8	3,3
BGH-0900	0,05	0,3	0,9	2,1	3,3	3,2	6,2	9,6	11,6	2	3,0	4,8	4,1	3,4
BGH-1207	0,07	0,2	0,7	1,8	2,6	2,1	4,6	8,1	9,2	3	3,2	5,4	3,1	3,7
BGH-1219	0,05	0,2	0,8	1,9	2,6	2,7	5,2	8,7	9,2	3	3,2	5,3	4,3	2,3
BGH-1514	0,05	0,3	1,0	2,1	3,1	2,9	6,6	9,7	10,9	3	3,2	5,8	3,8	2,8
BGH-1922	0,06	0,4	1,2	2,4	3,3	5,3	8,2	10,9	11,5	3	3,1	5,3	3,8	4,0
BGH-1946	0,07	0,3	0,8	1,9	2,9	2,8	5,4	8,7	10,0	3	3,2	4,9	4,0	2,4
BGH-1956	0,07	0,2	0,6	1,5	2,4	2,4	4,0	6,9	8,3	3	3,3	5,0	3,7	3,1
BGH-3333	0,05	0,2	0,7	1,7	2,9	2,5	4,9	7,7	10,0	3	2,9	5,3	3,4	3,9
BGH-3581	0,04	0,3	1,0	1,9	2,6	4,0	6,9	8,8	9,0	3	2,8	6,3	3,4	4,4
BGH-4139	0,04	0,3	0,9	1,9	2,6	3,0	6,3	8,7	9,1	1	3,1	5,0	3,9	2,8
BGH-4360	0,05	0,2	0,7	1,7	2,7	2,4	4,4	8,0	9,6	3	3,8	4,8	3,7	3,6
BGH-4514	0,07	0,4	1,1	2,1	3,2	5,2	7,5	9,6	11,0	3	2,9	5,2	4,0	4,1
BGH-4515	0,07	0,3	1,0	2,1	3,1	4,0	6,5	9,5	10,9	3	3,1	5,1	4,0	3,0
BGH-4585	0,06	0,3	0,9	1,8	3,0	3,1	5,9	8,3	10,3	3	3,0	5,2	3,8	3,6
BGH-4586	0,05	0,3	0,8	1,9	2,9	3,3	5,5	8,6	10,1	3	3,4	5,3	4,0	2,6
BGH-4600	0,05	0,2	0,7	1,8	2,8	1,7	4,8	8,1	9,9	2	3,2	5,1	4,0	3,3
BGH-4615	0,06	0,3	1,0	1,8	2,6	4,2	6,6	8,2	9,0	3	3,2	5,1	3,3	3,9
BGH-4617	0,06	0,2	0,6	1,7	2,8	1,7	4,2	7,9	9,8	1	3,6	5,1	3,7	3,8
BGH-4623	0,05	0,2	0,7	1,6	2,7	2,3	4,9	7,3	9,5	3	3,1	5,3	3,2	3,0
BGH-4628	0,04	0,2	0,7	1,5	2,2	2,4	4,8	6,8	7,7	3	3,0	5,2	3,9	3,7
BGH-5210	0,06	0,2	0,9	2,2	3,4	2,0	6,0	10,0	11,8	2	3,4	5,3	3,6	2,7
BGH-5232	0,05	0,3	1,0	2,0	3,0	3,9	6,5	9,1	10,4	3	3,2	5,3	3,7	2,9
BGH-5233	0,07	0,3	0,9	1,9	2,9	3,0	5,7	8,7	10,2	3	3,8	5,6	4,2	2,9
BGH-5235	0,05	0,4	1,1	2,0	2,9	4,7	7,4	9,1	10,3	3	3,3	5,1	4,1	4,0
BGH-5253	0,05	0,3	0,8	1,7	2,6	3,3	5,6	7,6	8,9	2	3,3	4,2	3,0	4,2
BGH-5257	0,05	0,2	0,6	1,5	2,5	1,9	4,0	7,0	8,9	3	3,0	5,2	3,8	3,9
BGH-5449	0,05	0,3	0,9	2,0	3,0	3,1	6,3	9,4	10,4	3	3,0	5,0	3,6	3,3
BGH-5621	0,05	0,1	0,5	1,4	2,1	1,1	3,2	6,2	7,4	2	3,2	5,7	3,1	3,4
BGH-5622	0,03	0,1	0,4	1,4	2,6	1,3	2,9	6,7	9,1	2	3,6	4,8	3,8	3,1
BGH-5635	0,06	0,1	0,6	1,4	2,5	1,3	3,6	6,3	8,8	1	3,1	5,3	3,3	3,4
BGH-6153	0,03	0,2	0,9	2,1	3,4	2,4	6,0	9,8	12,0	3	3,3	5,3	4,3	2,1
BGH-6154	0,03	0,2	0,9	1,9	3,0	2,8	6,2	9,1	10,8	3	4,0	4,7	3,9	2,3
BGH-6996	0,04	0,2	0,7	1,8	2,9	2,1	5,0	8,2	10,1	3	2,9	4,7	3,9	3,2
BGH-6997	0,04	0,1	0,4	1,4	2,6	0,5	2,7	6,4	9,1	3	3,7	5,1	3,6	3,2
BGH-6999	0,06	0,2	0,6	1,7	2,9	1,5	3,7	7,8	10,1	3	3,3	4,9	4,4	2,6
BGH-7003	0,06	0,3	0,8	1,4	2,1	3,5	5,0	6,5	7,3	1	3,2	4,8	2,0	5,0
BGH-7316	0,04	0,2	0,8	1,9	3,1	2,4	5,1	8,7	10,9	2	3,7	4,7	3,9	1,7
BGH-7317	0,05	0,2	1,0	2,4	3,6	2,5	7,0	11,3	12,6	3	3,6	5,4	4,7	2,2
BGH-7318	0,05	0,1	0,5	1,3	1,9	1,5	3,3	5,8	6,8	2	3,9	5,0	3,8	2,9
BGH-7319	0,05	0,2	0,7	1,6	2,7	1,4	4,3	7,5	9,6	3	3,2	5,1	3,9	2,7
BGH-7660	0,06	0,3	1,1	2,2	3,5	2,8	7,1	10,4	12,2	1	3,3	5,2	3,4	3,6
BGH-7661	0,07	0,3	0,7	1,6	2,4	2,7	4,7	7,3	8,2	3	2,9	5,0	3,6	3,7
BGH-7662	0,04	0,3	0,8	1,9	2,8	3,7	5,7	8,6	10,0	3	3,2	5,7	3,6	3,8
BGH-7663	0,06	0,2	0,7	1,6	2,6	2,3	4,9	7,5	9,2	3	3,4	4,9	3,1	4,6
BGH-7664	0,05	0,1	0,6	1,6	2,8	1,3	4,3	7,5	9,8	3	3,3	4,8	3,7	3,2
BGH-7665	0,05	0,2	0,9	1,9	3,0	2,6	5,9	9,0	10,4	2	3,4	5,7	3,9	2,4
BGH-7666	0,06	0,2	0,5	1,4	2,4	1,4	3,2	6,6	8,2	3	3,6	4,9	3,6	2,3
BGH-7667	0,06	0,2	0,9	1,9	2,7	2,3	5,7	8,9	9,5	3	3,7	5,7	4,1	3,4
BGH-7671	0,05	0,2	0,9	2,1	3,3	2,3	5,8	9,8	11,7	2	3,4	5,4	4,2	2,6
BGH-7673	0,07	0,2	0,7	1,8	2,9	1,9	4,7	8,0	10,0	3	3,8	5,0	4,0	2,4
BGH-7764	0,07	0,5	1,2	2,1	3,1	5,7	8,2	9,8	10,7	3	3,0	5,8	4,1	3,3
BGH-7765	0,06	0,3	0,9	1,8	2,8	3,8	6,0	8,4	9,7	2	3,0	4,4	4,4	2,4
BGH-7766	0,06	0,3	0,9	2,1	3,2	3,4	6,0	9,5	11,2	3	3,2	5,3	4,3	3,3
Butternut	0,05	0,3	0,8	1,5	2,2	3,3	5,1	7,1	7,8	1	3,6	4,3	2,0	5,0
Caserta	0,05	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6	2	1,3	1,2	1,0	4,5
Jacarezinho	0,04	0,2	0,6	1,7	2,6	1,9	4,3	7,8	9,2	3	3,2	4,9	3,7	3,1
Tetsukabuto	0,05	0,2	0,7	1,9	3,2	1,4	4,6	9,0	11,4	3	4,6	3,9	3,7	4,2
Média/Moda	0,05	0,2	0,8	1,8	2,7	2,6	5,2	8,1	9,6	3	3,3	5,0	3,7	3,3
Mínimo	0,03	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6	1	1,3	1,2	1,0	1,7
Máximo	0,07	0,5	1,2	2,4	3,6	5,7	8,2	11,3	12,6	3	4,6	6,3	4,7	5,0
CV(%)	23,3	36,2	35,6	24,1	19,1	46,8	38,1	24,9	19,5	-	11,5	11,6	-	-

^aEfeito de genótipo significativo pelo teste F (P<0,05); ^bVariável polimórfica. Comprimento da rama principal, em metros, aos 7 (CR7), 14 (CR14), 21 (CR21), 28 (CR28) e 35 (CR35) dias após o transplante; Taxa de crescimento da rama principal, em cm dia⁻¹, até 14 (TC14), 21 (TC21), 28 (TC28) e 35 (TC35) dias após o transplante; Cor da haste principal (CHP: 1=verde claro; 2=verde; 3=verde escuro); Nº de ramificações da gavinha (NRG); Nº de ramas (NR); Hábito de crescimento (HC: 1=arbustivo; 2=determinado; 3=moderadamente indeterminado; 4=indeterminado; 5=excessivamente indeterminado); e Aspecto fitossanitário da planta (AFP: 1=até 10% das folhas necrosadas por doenças fúngicas; 2=de 11 a 25%; 3=de 26 a 50%; 4=de 51 a 75%; 5=acima de 75% das folhas necrosadas por doenças fúngicas).

Apêndice C - Descritores da fase reprodutiva, obtidos de 55 acessos e quatro cultivares comerciais de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortalças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV). Viçosa, MG

Genótipo	Descritores da Fase Reprodutiva				
	DEPFF*	DEPFM*	NEPFM*	NFP*	PROD*
BGH-0035	47,9	45,9	3,4	3,4	9442,4
BGH-0672	41,1	40,4	4,5	5,7	19186,8
BGH-0900	42,4	43,6	5,7	10,2	16801,6
BGH-1207	39,9	39,2	4,4	6,2	21470,1
BGH-1219	50,5	45,5	9,5	7,4	23950,1
BGH-1514	46,7	42,4	4,4	5,7	12850,9
BGH-1922	38,0	37,1	3,4	6,6	17277,8
BGH-1946	42,1	42,4	5,2	9,7	23842,8
BGH-1956	52,9	49,4	8,0	7,6	23025,0
BGH-3333	43,8	44,3	6,5	6,7	13817,6
BGH-3581	38,0	39,1	4,3	5,1	16606,3
BGH-4139	47,9	44,6	7,3	7,1	26923,0
BGH-4360	45,1	45,2	6,5	5,9	22365,6
BGH-4514	46,5	42,8	7,7	6,4	27639,4
BGH-4515	43,1	41,1	5,2	6,9	25403,7
BGH-4585	39,5	41,8	5,2	7,0	17938,2
BGH-4586	43,2	44,5	8,1	7,4	26606,9
BGH-4600	41,8	44,4	7,0	8,8	25728,6
BGH-4615	41,9	41,9	6,7	9,1	16887,2
BGH-4617	43,5	44,1	4,4	10,1	27313,6
BGH-4623	40,3	40,7	3,5	6,1	11140,5
BGH-4628	46,3	47,3	7,3	6,6	16182,9
BGH-5210	47,8	44,3	5,7	5,7	29583,8
BGH-5232	38,5	41,5	5,9	8,7	29507,6
BGH-5233	52,3	47,3	8,8	5,7	21891,2
BGH-5235	42,9	44,9	8,3	6,8	27859,7
BGH-5253	42,4	41,5	6,1	7,2	13407,6
BGH-5257	47,2	48,3	7,8	9,3	20811,1
BGH-5449	46,7	44,6	7,9	6,1	18666,1
BGH-5621	39,7	41,8	3,1	7,6	12479,7
BGH-5622	44,7	43,8	5,0	5,8	19187,2
BGH-5635	55,7	50,4	5,7	3,0	16125,5
BGH-6153	52,7	44,2	6,0	4,7	48369,5
BGH-6154	53,4	46,5	8,5	4,1	33781,4
BGH-6996	43,1	42,6	4,9	5,3	12908,7
BGH-6997	51,2	51,1	7,4	4,9	12931,9
BGH-6999	51,0	45,9	6,1	4,1	16219,0
BGH-7003	25,5	35,6	3,7	3,6	3494,4
BGH-7316	56,4	48,4	8,0	4,3	20291,0
BGH-7317	55,5	49,2	8,7	6,2	25601,8
BGH-7318	56,0	47,4	7,1	7,7	14413,0
BGH-7319	55,4	50,5	7,9	4,1	13333,6
BGH-7660	39,5	39,6	2,3	6,6	24381,9
BGH-7661	41,0	41,5	5,9	6,8	17373,1
BGH-7662	41,3	40,7	4,2	6,9	30852,0
BGH-7663	40,1	40,5	4,7	4,4	14925,1
BGH-7664	44,3	45,6	9,1	4,9	18724,9
BGH-7665	59,5	46,0	5,7	3,1	13069,8
BGH-7666	49,3	47,2	5,8	4,0	22726,6
BGH-7667	49,8	44,7	6,2	8,7	39226,9
BGH-7671	60,5	51,4	10,5	2,2	12955,2
BGH-7673	48,7	44,7	6,5	2,4	41554,0
BGH-7764	43,3	44,5	8,5	6,6	26886,9
BGH-7765	50,1	46,6	10,2	10,0	22078,7
BGH-7766	42,5	43,6	7,1	7,0	18020,6
Butternut	26,1	35,3	3,5	3,2	3304,2
Caserta	28,2	21,3	1,1	1,0	1681,3
Jacarezinho	46,9	41,7	4,8	5,3	12366,3
Tetsukabuto	36,7	49,2	7,7	6,6	13828,3
Média	45,2	43,8	6,2	6,1	20122,4
Mínimo	25,5	21,3	1,1	1,0	1681,3
Máximo	60,5	51,4	10,5	10,2	48369,5
CV(%)	10,5	6,7	23,0	28,9	38,3

*Efeito de genótipo significativo pelo teste F ($P < 0,05$). Dias para emissão da 1ª flor feminina (DEPFF); Dias para emissão da 1ª flor masculina (DEPFM); Nó de emissão da 1ª flor masculina (NEPFM); Número de frutos por planta (NFP); e Produtividade (PROD), em kg ha⁻¹.

Apêndice D - Descritores de frutos, obtidos de 55 acessos e quatro cultivares comerciais de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortalças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV). Viçosa, MG

Genótipo	Descritores de Frutos											
	MF ^a	FF ^b	CF ^b	FP ^b	NCC ^c	CPC ^c	CSC ^c	DCS ^c	TSF ^d	PG ^e	TC ^e	SP ^f
BGH-0035	3,2	7	5	2	2	14	12	3	2	1	1	3
BGH-0672	4,5	7	2	2	1	13	0	1	2	1	2	3
BGH-0900	2,2	7	4	3	2	14	0	1	4	1	1	3
BGH-1207	4,3	7	4	2	2	7	5	7	4	1	1	3
BGH-1219	4,1	4	2	2	2	14	5	7	2	1	3	3
BGH-1514	2,7	7	2	2	1	13	0	1	2	1	5	1
BGH-1922	3,1	7	6	2	2	12	12	3	2	1	1	3
BGH-1946	3,0	4	2	2	1	13	0	1	4	1	1	3
BGH-1956	4,1	7	2	2	2	13	5	7	2	1	1	3
BGH-3333	2,7	7	4	3	2	13	5	2	4	1	1	1
BGH-3581	3,8	4	4	2	1	13	0	1	2	2	1	3
BGH-4139	4,4	7	2	2	1	14	0	1	4	1	1	3
BGH-4360	4,4	7	4	3	2	13	0	3	2	2	1	3
BGH-4514	5,3	4	4	2	1	13	0	1	2	2	1	3
BGH-4515	4,9	4	2	3	2	12	0	1	2	2	1	3
BGH-4585	3,1	7	4	3	2	13	6	4	2	1	1	3
BGH-4586	4,3	7	4	3	2	12	0	1	2	1	1	3
BGH-4600	3,6	7	2	2	2	13	12	5	4	1	1	3
BGH-4615	2,3	7	2	3	2	6	6	5	1	0	1	3
BGH-4617	3,2	7	4	3	2	13	0	1	2	1	1	3
BGH-4623	2,5	7	4	2	2	6	13	5	1	0	1	3
BGH-4628	3,2	7	4	2	2	13	5	7	4	1	1	3
BGH-5210	6,1	4	2	2	2	13	6	1	2	1	1	3
BGH-5232	4,3	7	4	3	2	12	5	5	4	1	1	3
BGH-5233	4,8	1	2	2	2	13	5	2	2	3	2	3
BGH-5235	4,4	7	4	3	2	13	0	1	2	1	1	1
BGH-5253	2,4	7	4	2	2	7	5	3	4	1	1	1
BGH-5257	2,7	7	4	2	2	6	3	4	4	1	1	1
BGH-5449	4,0	1	4	3	2	7	6	3	4	1	1	3
BGH-5621	2,1	7	2	2	1	14	0	1	1	1	1	1
BGH-5622	3,9	2	2	2	2	13	0	1	2	2	1	3
BGH-5635	6,3	7	4	3	2	6	3	7	4	2	5	3
BGH-6153	11,5	4	1	2	1	2	5	1	2	1	1	3
BGH-6154	10,0	4	4	3	2	2	0	7	4	2	1	3
BGH-6996	2,5	7	2	2	2	14	13	2	4	1	2	1
BGH-6997	3,3	5	2	3	2	2	5	7	2	1	2	3
BGH-6999	4,4	7	2	3	2	7	0	1	2	2	1	3
BGH-7003	1,2	7	4	2	1	13	0	1	1	0	1	3
BGH-7316	6,3	6	2	2	2	6	12	7	4	2	1	3
BGH-7317	5,1	6	2	3	2	13	0	7	4	1	1	3
BGH-7318	3,1	7	2	3	2	14	5	7	2	1	1	2
BGH-7319	4,3	5	2	2	2	14	5	7	4	1	1	3
BGH-7660	4,5	7	4	3	2	13	5	5	2	1	1	3
BGH-7661	3,3	7	4	2	2	7	0	1	4	1	1	3
BGH-7662	5,5	7	4	2	2	13	5	1	4	1	1	3
BGH-7663	3,7	7	4	2	2	7	12	5	1	0	1	2
BGH-7664	4,6	7	2	2	2	2	0	1	1	0	1	3
BGH-7665	4,5	1	2	2	2	13	0	7	4	2	1	3
BGH-7666	6,3	5	2	3	2	14	6	2	2	2	2	3
BGH-7667	5,8	7	6	2	2	7	12	5	1	0	1	3
BGH-7671	6,0	2	2	2	2	12	0	7	4	2	1	3
BGH-7673	20,2	13	4	3	2	7	6	4	1	0	1	3
BGH-7764	4,8	1	6	2	2	13	12	1	4	1	1	3
BGH-7765	2,9	7	4	3	2	5	3	3	4	2	1	3
BGH-7766	3,5	4	4	3	2	12	12	5	4	1	1	3
Butternut	1,3	7	4	2	1	13	0	1	1	0	1	1
Caserta	2,0	9	4	3	3	4	7	5	3	1	1	3
Jacarezinho	2,8	6	4	2	2	7	13	3	4	1	1	3
Tetsukabuto	2,5	1	2	2	1	7	0	1	4	2	2	3
Média/Moda	4,3	7	4	2	2	13	0	1	4	1	1	3
Mínimo	1,2	1	1	2	1	2	0	1	1	0	1	1
Máximo	20,2	13	6	3	3	14	13	7	4	3	5	3
CV(%)	25,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^aEfeito de genótipo significativo pelo teste F (P<0,05); ^bVariável polimórfica. Massa do fruto (MF), em kg; Formato do fruto (FF: 1=globular; 2=achatado; 3=discóide; 4=cilíndrico; 5=oval; 6=cordiforme; 7=periforme; 8=cinturado; 9=alongado; 10=turbinado superior; 11=corado; 12=turbinado inferior; 13=curvado; 14=pescoço curvado); Cicatriz floral (CF: 1=protuberante aberta; 2=protuberante fechada; 3=plana aberta; 4=plana fechada; 5=deprimida aberta; 6=deprimida fechada; 7=profunda aberta); Formato do pedúnculo (FP: 1=arredondado; 2=levemente angular; muito anguloso); N° de cores da casca (NCC: 1=uma; 2=duas; 3=mais de duas); Cor predominante da casca (CPC) e Cor secundária da casca (CSC), dadas por (1=branca; 2=creme; 3=amarela clara; 4=amarela; 5=verde clara; 6=verde média; 7=verde escura; 8=verde acinzentada; 9=cinza; 10=azul; 11=rosa; 12=laranja clara; 13=laranja; 14=laranja intensa; 15=vermelha; 16=marrom; 17=preta); Desenho da cor secundária (DCS: 1=sem cor secundária; 2=pontilhado; 3=manchado; 4=lustrado uniforme; 5=estriado desuniforme; 6=bisseccional; 7=mosqueado); Topografia da superfície do fruto (TSF: 1=ausência de gomos; 2=presença de gomos em todo o comprimento; 3=presença de gomos mais proeminentes próximo ao pedúnculo; 4=presença de gomos mais proeminente no meio do fruto; 5=presença de gomos mais proeminente na região da cicatriz floral); Profundidade dos gomos (PG: 0=ausência de gomos; 1=leve; 2=intermediária; 3=profunda); Textura da casca (TC: 1=lisa; 2=enrugada; 3=superficialmente ondulada; 4=reticulada; 5=verrugosa); e Separação do pedúnculo (SP: 1=fácil; 2=intermediária; 3=difícil).

Apêndice D – Continuação.

Genótipo	Descritores de Frutos									
	TSS [*]	DC ^p	BOJ ^p	CP ^p	TP ^p	ECS ^{ns}	ECT ^{ns}	ECI ^{ns}	ECP [*]	EMC [*]
BGH-0035	4,6	1	1	3,0	1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-0672	4,6	1	2	2,7	2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4
BGH-0900	4,4	1	1	3,2	2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
BGH-1207	4,4	1	2	3,0	2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-1219	4,2	1	1	3,0	2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-1514	4,6	1	1	3,4	2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-1922	3,6	1	1	3,6	2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
BGH-1946	3,8	1	1	3,7	2	0,2	0,5	0,2	0,3	0,3
BGH-1956	4,0	1	2	3,6	2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-3333	5,1	1	1	3,2	2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
BGH-3581	4,6	1	1	2,9	1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
BGH-4139	3,5	1	2	3,0	2	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-4360	4,5	1	1	2,9	2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3
BGH-4514	4,1	1	1	3,0	2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-4515	4,7	1	1	3,2	2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
BGH-4585	4,6	1	1	3,6	1	0,2	0,2	0,2	0,7	0,3
BGH-4586	4,9	1	1	3,3	2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-4600	4,9	1	1	3,3	1	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-4615	4,3	1	1	3,0	2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
BGH-4617	4,4	1	1	3,0	3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
BGH-4623	5,1	1	1	3,4	2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-4628	4,4	1	2	3,6	1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
BGH-5210	3,7	1	1	3,3	1	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3
BGH-5232	4,7	1	1	3,4	2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
BGH-5233	4,1	1	1	2,9	1	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-5235	4,8	1	1	3,3	1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
BGH-5253	3,7	1	1	3,6	2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-5257	3,7	1	1	3,4	1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
BGH-5449	4,9	1	1	3,8	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
BGH-5621	3,3	1	2	3,2	2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-5622	3,9	1	1	3,1	2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,3
BGH-5635	4,8	1	1	3,1	1	0,3	0,4	0,3	0,6	0,4
BGH-6153	3,8	1	1	3,4	1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-6154	3,4	1	1	3,6	1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
BGH-6996	5,1	1	1	3,9	1	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4
BGH-6997	3,4	1	1	4,0	1	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4
BGH-6999	5,0	1	1	3,3	1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
BGH-7003	4,4	1	2	3,0	2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3
BGH-7316	4,0	1	1	3,8	1	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4
BGH-7317	4,2	1	1	3,3	1	0,4	0,4	0,3	0,6	0,4
BGH-7318	4,2	1	2	3,7	1	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-7319	4,4	1	1	3,8	1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3
BGH-7660	4,7	1	1	3,2	2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-7661	4,6	1	1	3,2	1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
BGH-7662	3,6	1	1	3,6	2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3
BGH-7663	4,0	1	2	3,3	1	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4
BGH-7664	3,6	1	1	3,8	1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
BGH-7665	5,2	1	1	3,3	2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
BGH-7666	4,0	1	1	3,2	2	0,4	0,4	0,2	0,5	0,4
BGH-7667	4,2	1	2	3,3	2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2
BGH-7671	4,2	1	1	3,8	1	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4
BGH-7673	3,4	1	2	2,9	2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3
BGH-7764	3,8	1	1	3,7	2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3
BGH-7765	4,7	1	1	3,2	2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
BGH-7766	4,8	1	1	3,4	2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
Butternut	4,3	1	2	3,0	2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
Caserta	2,8	1	1	1,2	2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,4
Jacarezinho	3,6	1	1	3,6	1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3
Tetsukabuto	4,6	2	1	2,7	1	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
Média/Moda	4,3	1	1	3,3	2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3
Mínimo	2,8	1	1	1,2	1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Máximo	5,2	2	2	4,0	3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4
CV(%)	18,4	-	-	-	-	31,1	32,7	46,0	34,5	24,8

*Efeito de genótipo significativo pelo teste F ($P<0,05$); ^{ns}Não significativo; ^pVariável polimórfica. Teor de sólidos solúveis (TSS: determinado indiretamente por meio do líquido que se forma com o desprendimento do pedúnculo e expresso em °Brix – fator de correção=0,366); Dureza da casca (DC: 1=não-lignificada; 2=lignificada); Bojo (BOJ: 1=ausente; 2=presente); Cor da polpa por meio da carta de Munsell (CP: 1=amarela clara; 2=amarela intensa; 3=laranja clara; 4=laranja intensa); Textura da polpa (TP: 1=pouco fibrosa; 2=fibrosa; 3=muito fibrosa); Espessura da casca voltada para o sol (ECS), para a terra (ECT) e nas regiões da inflorescência (ECI) e do pedúnculo (ECP); e Espessura média da casca (EMC). Todas as medidas expressas em centímetros (cm).

Apêndice D – Continuação.

Genótipo	Descritores de Frutos									
	EPS*	EPT*	EPI*	EPP*	EMP*	CCI*	DCI*	CMF*	DMF*	DM*
BGH-0035	1,9	2,3	1,7	6,4	2,0	12,3	15,6	21,0	20,4	12,0
BGH-0672	2,3	2,4	2,2	10,4	2,3	17,7	12,9	31,0	18,2	11,9
BGH-0900	2,0	1,8	1,7	5,0	1,8	9,1	12,0	16,5	16,4	9,7
BGH-1207	2,8	2,9	2,4	11,1	2,7	12,5	12,8	26,6	19,0	12,0
BGH-1219	2,9	2,8	2,8	5,0	2,8	15,9	12,6	24,3	18,9	13,9
BGH-1514	2,6	2,4	2,6	5,3	2,5	15,6	10,0	24,1	15,5	9,8
BGH-1922	2,0	1,9	2,3	11,9	2,1	15,2	11,8	30,0	16,2	10,1
BGH-1946	1,9	2,8	3,0	4,6	2,6	17,1	9,5	25,3	14,9	10,4
BGH-1956	2,6	2,1	2,5	13,6	2,4	16,7	10,7	33,4	16,0	10,7
BGH-3333	2,3	2,3	1,9	5,9	2,2	10,4	11,1	18,7	16,2	10,8
BGH-3581	2,9	2,5	2,9	6,3	2,8	22,1	10,1	31,6	16,1	10,3
BGH-4139	2,8	2,7	2,4	11,2	2,6	13,3	12,3	27,5	18,6	11,2
BGH-4360	2,5	2,6	2,4	7,5	2,5	23,2	11,1	33,9	16,7	10,4
BGH-4514	3,4	2,8	2,4	6,5	2,9	24,3	10,2	33,7	16,9	14,2
BGH-4515	3,0	2,6	2,3	4,5	2,6	17,3	15,4	24,8	21,5	15,0
BGH-4585	2,6	2,3	2,7	11,5	2,5	16,0	8,5	31,0	13,8	9,4
BGH-4586	2,8	4,0	2,5	4,8	3,1	13,0	14,5	20,9	21,9	15,2
BGH-4600	2,5	2,5	2,7	9,3	2,6	18,9	9,2	31,4	14,7	11,0
BGH-4615	1,5	2,7	2,1	9,9	2,1	14,7	10,5	27,3	15,3	8,7
BGH-4617	2,6	2,4	2,0	5,3	2,4	12,5	11,0	20,4	16,6	11,7
BGH-4623	2,3	3,3	2,1	10,3	2,6	9,2	10,2	22,1	16,3	10,7
BGH-4628	4,1	2,5	2,6	13,1	3,1	18,2	9,1	34,4	16,1	9,1
BGH-5210	3,6	4,9	3,3	5,5	4,0	15,8	14,4	25,2	23,6	16,9
BGH-5232	3,0	3,0	2,2	12,0	2,7	12,1	12,2	26,9	18,6	13,7
BGH-5233	3,8	3,8	2,2	5,4	3,3	13,7	15,2	21,9	23,4	19,1
BGH-5235	2,8	2,6	2,4	6,6	2,6	19,0	13,4	28,5	19,2	12,3
BGH-5253	2,2	2,1	2,4	7,9	2,2	17,7	8,4	28,5	13,2	7,8
BGH-5257	2,5	2,3	2,4	8,6	2,4	14,5	9,5	26,0	14,8	9,0
BGH-5449	2,6	3,0	2,2	4,8	2,6	16,2	13,2	23,9	19,4	13,6
BGH-5621	1,9	1,8	2,3	9,1	2,0	12,7	8,6	24,6	12,8	8,6
BGH-5622	3,6	3,9	1,7	3,3	3,1	9,3	12,3	15,0	20,3	16,8
BGH-5635	3,4	3,2	2,9	4,6	3,2	20,9	14,7	29,5	22,1	14,2
BGH-6153	4,4	3,8	2,5	7,0	3,5	32,9	14,6	42,9	23,2	18,9
BGH-6154	4,8	4,7	3,1	5,0	4,2	23,5	14,3	32,1	24,2	21,9
BGH-6996	2,3	2,4	2,6	6,3	2,4	11,5	11,0	21,2	16,4	9,8
BGH-6997	2,5	2,4	3,4	7,2	2,7	16,8	10,6	28,1	16,1	10,4
BGH-6999	3,8	3,6	2,9	5,5	3,4	12,2	11,6	21,1	19,4	14,6
BGH-7003	1,5	1,6	1,4	12,1	1,5	6,8	7,6	20,9	11,2	7,6
BGH-7316	4,2	4,5	3,8	3,2	4,2	14,5	15,6	22,3	25,2	20,2
BGH-7317	3,3	3,0	2,8	3,9	3,0	16,5	14,5	24,1	21,7	16,2
BGH-7318	2,4	2,3	2,7	11,1	2,2	14,9	10,6	25,5	14,2	9,3
BGH-7319	2,8	3,1	3,4	4,5	3,1	17,7	12,0	26,3	18,6	13,0
BGH-7660	2,3	2,3	2,5	10,2	2,4	21,2	11,4	34,5	16,6	10,2
BGH-7661	2,5	2,4	2,4	7,2	2,4	14,2	11,8	23,8	17,2	12,0
BGH-7662	2,7	3,8	2,8	11,3	3,1	23,3	12,1	37,8	19,1	11,9
BGH-7663	2,6	2,2	3,4	19,4	2,7	15,0	10,1	38,8	15,4	9,4
BGH-7664	2,7	4,8	3,3	9,7	3,6	16,8	12,0	30,5	20,2	12,5
BGH-7665	4,3	4,6	3,9	6,9	4,3	9,4	12,3	20,8	21,8	17,7
BGH-7666	2,9	2,6	2,3	5,6	2,6	24,3	14,9	33,0	21,1	11,4
BGH-7667	2,7	2,9	2,2	16,0	2,6	14,8	12,3	33,6	18,3	12,0
BGH-7671	4,8	4,2	3,9	4,6	4,3	12,3	14,9	21,7	24,6	17,6
BGH-7673	4,0	4,0	4,8	47,4	4,2	29,5	16,5	82,6	24,9	17,9
BGH-7764	3,1	2,9	2,7	5,3	2,9	14,5	15,1	23,1	21,7	15,3
BGH-7765	2,8	2,4	2,4	5,4	2,5	13,5	10,4	21,8	16,0	11,5
BGH-7766	2,7	2,7	3,8	7,0	3,1	16,3	10,3	27,6	16,1	11,6
Butternut	1,6	1,4	1,3	13,4	1,4	6,8	8,1	22,2	11,5	6,9
Caserta	1,5	1,6	1,7	1,8	1,6	31,8	7,2	34,3	10,9	7,6
Jacarezinho	2,7	2,7	2,3	2,5	2,6	11,6	11,6	16,9	17,6	15,1
Tetsukabuto	2,9	2,8	2,5	3,5	2,8	10,3	11,3	17,0	17,7	13,9
Média	2,8	2,9	2,6	8,3	2,8	16,1	11,8	27,5	18,0	12,5
Mínimo	1,5	1,4	1,3	1,8	1,4	6,8	7,2	15,0	10,9	6,9
Máximo	4,8	4,9	4,8	47,4	4,3	32,9	16,5	82,6	25,2	21,9
CV(%)	18,7	33,2	21,5	47,7	17,5	19,9	12,4	15,2	11,9	15,9

*Efeito de genótipo significativo pelo teste F ($P < 0,05$). Espessura da polpa voltada para o sol (EPS), para a terra (EPT) e nas regiões da inflorescência (EPI) e do pedúnculo (EPP); Espessura média da polpa (EMP); Comprimento da cavidade interna (CCI); Diâmetro da cavidade interna (DCI); Comprimento médio do fruto (CMF); Diâmetro médio do fruto (DMF); e Diâmetro menor do fruto (DM). Todas as medidas expressas em centímetros (cm).

Apêndice D – Continuação.

Genótipo	Descritores de Frutos											
	FPI*	FPP*	FMP*	MSP*	L**	a**	b**	C**	H**	CTa**	LUTb**	LUTc**
BGH-0035	155,3	137,0	146,1	9,4	58,2	24,2	60,5	65,3	68,2	47,5	8,4	9,4
BGH-0672	124,9	87,3	106,1	9,7	59,5	23,8	57,2	62,1	67,4	46,8	7,6	8,6
BGH-0900	88,6	100,7	94,7	8,0	52,9	28,6	52,7	60,1	61,6	55,0	6,5	8,2
BGH-1207	154,4	129,2	141,8	9,5	57,0	26,2	56,6	62,6	65,4	50,9	7,5	8,8
BGH-1219	144,7	138,9	141,8	8,5	57,0	24,3	54,8	60,3	66,2	47,6	7,0	8,2
BGH-1514	128,1	133,5	130,8	13,0	57,1	31,4	56,9	65,2	61,0	59,8	7,5	9,4
BGH-1922	136,2	133,7	135,0	8,9	53,5	30,5	53,1	61,5	60,3	58,3	6,6	8,5
BGH-1946	121,8	113,1	117,4	9,1	51,6	32,0	52,2	61,4	58,5	60,9	6,4	8,5
BGH-1956	110,4	88,1	99,3	8,3	51,6	35,9	51,3	62,6	55,0	67,5	6,2	8,8
BGH-3333	127,9	137,6	132,7	9,5	53,2	29,9	52,2	60,3	60,1	57,3	6,4	8,2
BGH-3581	137,8	128,3	133,0	8,3	56,4	25,4	54,4	60,2	65,2	49,5	6,9	8,2
BGH-4139	163,4	129,8	146,6	9,8	54,7	30,6	51,6	60,2	59,4	58,4	6,2	8,2
BGH-4360	136,5	126,5	131,5	8,0	53,5	24,9	52,7	58,5	65,0	48,6	6,5	7,8
BGH-4514	106,6	83,1	94,9	7,3	54,6	27,6	51,9	59,0	62,1	53,4	6,3	7,9
BGH-4515	130,2	129,0	129,6	8,6	54,9	31,7	54,4	63,1	59,8	60,3	6,9	8,9
BGH-4585	141,0	138,7	139,8	9,9	54,8	34,4	55,6	65,5	58,3	64,9	7,2	9,5
BGH-4586	119,7	141,5	130,6	9,8	54,9	30,0	53,2	61,2	60,6	57,5	6,6	8,4
BGH-4600	135,7	95,8	115,8	9,1	55,5	28,8	52,7	60,3	61,0	55,3	6,5	8,2
BGH-4615	100,1	106,4	103,2	8,2	53,2	24,8	53,0	58,9	65,1	48,5	6,6	7,9
BGH-4617	104,4	128,1	116,3	8,2	55,5	23,9	50,0	55,5	64,8	47,1	5,9	7,0
BGH-4623	125,1	112,9	119,0	11,3	54,7	33,5	54,7	64,4	58,6	63,4	7,0	9,2
BGH-4628	134,6	118,2	126,4	10,2	55,1	31,1	52,8	61,2	59,5	59,4	6,5	8,4
BGH-5210	139,1	137,6	138,3	8,3	55,5	29,0	51,1	58,6	60,5	55,8	6,1	7,8
BGH-5232	125,4	120,4	122,9	9,4	53,1	31,3	51,7	60,6	58,9	59,6	6,3	8,3
BGH-5233	110,2	103,1	106,7	7,9	58,0	27,4	58,4	63,7	64,9	53,0	7,9	9,0
BGH-5235	123,9	129,4	126,6	8,8	54,5	32,2	53,6	62,6	59,1	61,2	6,7	8,8
BGH-5253	128,4	123,8	126,1	8,6	54,2	33,0	53,7	63,1	58,5	62,5	6,7	8,9
BGH-5257	121,6	128,6	125,1	9,8	54,9	32,0	54,0	62,9	59,5	60,8	6,8	8,8
BGH-5449	126,1	155,3	140,7	11,0	53,8	33,4	55,1	64,6	58,7	63,2	7,1	9,3
BGH-5621	134,1	138,5	136,3	12,1	57,8	30,2	58,1	65,6	62,5	57,8	7,8	9,5
BGH-5622	122,2	140,5	131,3	8,4	57,0	28,6	57,3	64,2	63,5	55,0	7,6	9,2
BGH-5635	109,2	85,0	97,1	9,0	56,9	32,8	54,9	64,1	59,2	62,3	7,0	9,1
BGH-6153	100,1	93,5	96,8	6,7	55,1	29,3	53,0	61,0	61,5	56,2	6,6	8,4
BGH-6154	95,5	96,7	96,1	7,3	53,5	31,1	52,1	60,8	59,1	59,3	6,4	8,3
BGH-6996	141,3	122,8	132,1	15,3	54,4	37,9	54,9	66,9	55,3	71,0	7,0	9,8
BGH-6997	142,6	148,7	145,6	14,1	51,0	41,9	51,3	66,3	50,8	77,8	6,2	9,7
BGH-6999	125,5	119,8	122,7	12,2	57,0	33,3	58,0	67,2	60,5	63,0	7,8	9,9
BGH-7003	129,7	125,3	127,5	11,2	57,2	29,0	61,1	67,7	64,6	55,7	8,6	10,0
BGH-7316	117,9	120,3	119,1	11,6	53,4	38,5	52,4	65,1	53,9	72,1	6,4	9,4
BGH-7317	125,4	139,3	132,3	12,5	55,7	36,2	54,6	65,6	56,6	68,1	7,0	9,5
BGH-7318	144,9	141,6	143,3	12,9	53,7	36,4	53,9	65,2	56,1	68,4	6,8	9,4
BGH-7319	118,5	99,5	109,0	13,7	54,1	38,9	54,4	67,0	54,5	72,7	6,9	9,8
BGH-7660	151,2	120,5	135,8	8,8	54,2	31,7	53,5	62,3	59,4	60,3	6,7	8,7
BGH-7661	133,4	118,1	125,7	8,2	55,0	28,1	53,7	60,7	62,5	54,2	6,8	8,3
BGH-7662	144,3	108,9	126,2	8,7	54,1	30,8	52,7	61,1	59,8	58,8	6,5	8,4
BGH-7663	118,8	95,2	108,1	9,2	54,2	29,7	54,9	62,7	61,5	56,9	7,1	8,8
BGH-7664	148,7	136,1	142,4	11,3	55,8	36,5	55,9	66,9	56,9	68,6	7,3	9,8
BGH-7665	113,8	128,0	120,9	10,9	57,5	33,0	55,0	64,4	59,2	62,6	7,1	9,2
BGH-7666	141,1	115,9	128,5	7,1	52,9	29,9	48,2	56,3	59,0	57,2	5,4	7,2
BGH-7667	118,6	105,6	112,1	7,0	52,4	30,8	49,8	58,7	58,4	58,9	5,8	7,8
BGH-7671	130,5	135,4	133,0	14,1	55,1	38,0	54,7	66,7	55,3	71,0	7,0	9,7
BGH-7673	96,5	73,4	76,3	5,7	55,9	26,0	51,8	58,6	63,6	50,6	6,3	7,8
BGH-7764	102,3	108,1	105,2	9,2	54,2	32,6	53,2	62,4	58,5	61,8	6,6	8,7
BGH-7765	117,0	108,6	112,8	11,6	55,1	34,4	55,0	65,1	58,1	65,0	7,1	9,4
BGH-7766	127,8	134,5	131,1	10,0	53,8	33,3	54,3	63,8	58,5	63,1	6,9	9,1
Butternut	125,2	109,8	110,6	10,7	55,9	29,8	59,6	66,8	63,3	57,1	8,2	9,8
Caserta	72,4	104,0	82,8	4,4	69,6	4,2	43,0	43,3	84,7	13,3	4,1	4,1
Jacarezinho	125,6	110,8	118,2	11,6	53,9	38,0	55,4	66,2	56,8	71,1	7,2	9,6
Tetsukabuto	128,0	133,8	130,9	10,1	57,1	21,1	64,7	68,1	72,0	42,2	9,4	10,1
Média	125,5	119,6	122,2	9,7	55,2	30,6	54,1	62,5	60,8	58,4	6,9	8,7
Mínimo	72,4	73,4	76,3	4,4	51,0	4,2	43,0	43,3	50,8	13,3	4,1	4,1
Máximo	163,4	155,3	146,6	15,3	69,6	41,9	64,7	68,1	84,7	77,8	9,4	10,1
CV(%)	14,4	14,6	12,8	16,3	3,0	9,7	3,5	3,4	4,4	8,7	6,8	5,9

Efeito de genótipo significativo pelo teste F ($P < 0,05$). Firmeza da polpa nas regiões da inflorescência (FPI) e do pedúnculo (FPP); Firmeza média da polpa (FMP); Massa seca da polpa (MSP); Parâmetros colorimétricos da polpa (L^ , a^* , b^* , C^* e H^*); Carotenoides totais (CTa*) e luteína (LUTb* e LUTc*), estimados com base em parâmetros colorimétricos e expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$ de massa fresca da polpa. Dados de firmeza da polpa expressos em Newton (N).

Apêndice E - Descritores de sementes, obtidos de 55 acessos e quatro cultivares comerciais de abóbora do Banco de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal de Viçosa (BGH/UFV). Viçosa, MG

Genótipo	Descritores de Sementes												
	MTS*	MS/MF*	M100S*	NSF*	PRODS*	CS*	LS*	ES*	FS ^P	AT ^P	TT ^{NP}	CorT ^P	CB ^P
BGH-0035	77,5	2,5	16,6	473,8	231,3	16,3	8,4	2,4	2	2	3	2	2
BGH-0672	71,9	1,8	16,1	450,8	326,4	16,3	8,4	2,8	2	1	3	2	3
BGH-0900	62,3	2,7	15,2	408,9	497,6	17,5	9,0	2,5	2	1	3	2	2
BGH-1207	54,8	1,3	15,0	391,5	277,9	14,9	7,9	2,8	2	1	3	2	2
BGH-1219	88,5	2,3	16,3	554,5	529,4	15,8	8,7	2,3	2	2	3	1	3
BGH-1514	56,2	2,2	12,6	453,4	278,1	15,0	7,9	2,5	2	1	3	2	2
BGH-1922	87,1	2,5	14,9	592,3	477,1	15,8	8,4	2,8	2	1	3	2	2
BGH-1946	83,6	3,2	14,1	600,7	677,4	15,3	8,0	2,7	2	1	3	2	2
BGH-1956	58,4	1,7	13,7	425,5	354,8	15,3	8,2	1,9	2	2	3	1	2
BGH-3333	65,4	2,7	15,0	449,6	369,7	15,5	8,2	2,6	2	1	3	2	2
BGH-3581	77,1	2,2	14,8	548,0	342,3	15,3	8,8	2,8	2	1	3	2	2
BGH-4139	67,9	1,9	12,4	550,6	394,3	14,5	7,9	2,0	2	2	3	2	3
BGH-4360	100,7	2,4	15,8	649,5	527,2	15,7	9,0	2,7	1	1	3	2	2
BGH-4514	93,9	1,9	16,2	588,0	511,5	15,7	8,6	2,7	2	1	3	2	2
BGH-4515	89,3	2,1	13,9	627,6	488,1	14,9	7,8	2,2	2	2	3	2	3
BGH-4585	64,4	2,2	14,4	460,4	387,1	14,7	7,9	2,2	2	2	3	2	3
BGH-4586	76,1	1,8	13,9	573,3	458,9	15,5	8,3	2,6	2	1	3	3	3
BGH-4600	59,9	1,5	11,9	505,3	471,3	14,1	7,8	2,6	2	1	3	2	2
BGH-4615	81,6	4,1	13,5	636,8	603,5	14,4	8,2	2,1	1	2	3	2	2
BGH-4617	68,5	2,2	15,0	463,8	583,4	15,4	8,3	2,5	2	1	3	3	3
BGH-4623	64,3	2,5	12,3	521,6	303,9	13,8	7,7	2,0	2	2	3	2	3
BGH-4628	68,5	2,3	15,8	434,1	334,7	15,1	8,1	2,3	2	2	3	2	3
BGH-5210	82,6	1,5	14,6	583,4	392,2	16,3	8,4	2,6	2	1	3	2	2
BGH-5232	70,4	1,7	16,6	432,2	493,7	16,2	8,9	2,5	2	1	3	2	2
BGH-5233	82,1	2,0	17,5	467,5	407,9	15,6	8,7	2,5	2	2	3	2	2
BGH-5235	64,1	1,5	14,7	451,5	384,3	15,3	8,8	2,8	1	1	3	2	2
BGH-5253	50,5	2,3	13,6	384,3	330,1	13,9	8,2	2,3	1	1	3	2	2
BGH-5257	67,6	3,1	13,4	511,1	534,8	14,2	7,8	2,2	2	1	3	2	2
BGH-5449	94,1	2,4	16,2	586,4	447,4	15,2	8,6	2,3	2	1	3	2	3
BGH-5621	50,1	2,4	12,7	395,8	289,4	13,9	7,8	2,5	1	1	3	2	2
BGH-5622	66,6	2,0	15,4	439,0	337,0	15,5	8,5	2,5	2	1	3	2	2
BGH-5635	71,8	1,2	14,3	525,6	221,1	14,9	8,4	2,5	2	1	3	2	2
BGH-6153	88,4	0,6	19,5	455,7	249,2	15,7	8,0	3,0	2	1	3	2	3
BGH-6154	82,9	0,9	13,3	620,6	292,5	14,5	7,8	2,6	2	1	3	2	2
BGH-6996	65,1	2,6	13,0	511,1	359,2	15,0	8,2	2,2	2	1	3	2	2
BGH-6997	68,0	2,2	15,3	437,6	286,7	15,3	8,9	2,5	1	1	3	2	3
BGH-6999	77,7	1,5	18,8	416,2	335,7	15,2	8,8	2,4	2	1	3	2	3
BGH-7003	20,2	1,7	9,2	217,7	61,0	12,6	7,7	2,4	1	1	3	2	2
BGH-7316	92,1	1,6	16,3	571,5	317,3	15,9	8,6	2,6	2	1	3	1	2
BGH-7317	99,4	2,0	15,6	652,6	547,7	16,1	8,8	2,1	1	1	3	2	3
BGH-7318	65,0	2,3	15,4	425,7	314,3	15,6	8,9	2,4	1	1	3	2	2
BGH-7319	92,1	2,4	16,7	544,9	310,7	15,6	8,8	2,3	1	1	3	2	3
BGH-7660	92,6	2,1	15,1	627,7	518,8	15,7	7,8	2,6	2	1	3	2	2
BGH-7661	71,6	2,7	13,2	560,4	408,4	14,9	7,8	2,3	2	1	3	2	2
BGH-7662	77,1	1,6	13,8	556,4	429,0	14,6	7,8	2,5	2	1	3	2	2
BGH-7663	43,4	1,2	12,1	341,5	179,7	14,4	7,6	2,2	2	1	3	2	3
BGH-7664	70,5	1,4	15,5	459,3	328,1	15,4	8,9	2,6	1	1	3	2	3
BGH-7665	58,4	1,1	17,7	328,8	204,1	17,7	9,4	2,2	2	2	3	2	3
BGH-7666	109,1	1,8	20,3	552,6	377,6	19,1	10,3	2,6	2	1	3	2	2
BGH-7667	66,1	1,4	14,6	452,9	446,8	14,9	8,0	2,0	2	2	3	2	2
BGH-7671	97,2	1,8	17,9	542,4	222,9	16,3	9,0	2,4	2	2	3	2	3
BGH-7673	54,0	0,2	12,8	427,9	86,4	15,6	8,4	1,8	1	2	3	2	2
BGH-7764	70,9	1,6	14,5	498,3	395,7	15,0	8,1	2,1	2	2	3	2	3
BGH-7765	75,2	3,0	13,4	562,8	593,8	15,4	8,5	2,6	2	1	3	2	2
BGH-7766	67,0	2,1	14,2	480,1	375,2	15,1	8,2	2,1	2	2	3	2	2
Butternut	23,9	1,9	9,3	251,4	66,1	11,9	7,2	2,1	1	1	3	2	3
Caserta	29,6	1,3	15,3	181,7	23,4	15,8	9,1	2,5	2	1	3	2	2
Jacarezinho	77,3	3,0	15,3	504,4	355,6	16,0	8,6	2,8	2	1	3	2	2
Tetsukabuto	6,4	0,2	13,4	44,9	38,8	17,5	9,5	2,6	2	2	3	1	2
Média/Moda	70,5	2,0	14,7	480,7	362,5	15,3	8,4	2,4	2	1	3	2	2
Mínimo	6,4	0,2	9,2	44,9	23,4	11,9	7,2	1,8	1	1	3	1	2
Máximo	109,1	4,1	20,3	652,6	677,4	19,1	10,3	3,0	2	2	3	3	3
CV(%)	21,5	25,4	11,2	19,4	35,5	4,1	5,6	8,8	-	-	-	-	-

*Efeito de genótipo significativo pelo teste F ($P < 0,05$); ^PVariável polimórfica; ^{NP}Não polimórfica. Massa total de sementes do fruto (MTS), em g; Relação massa de sementes/massa do fruto (MS/MF), em %; Massa de 100 sementes (M100S), em g; Número de sementes/fruto (NSF); Produção de sementes (PRODS), em kg ha⁻¹; Comprimento da semente (CS); Largura da semente (LS); Espessura da semente (ES); Formato da semente (FS: 1=elíptica; 2=elíptica acentuada; 3=elíptica muito acentuada); Aparência do tegumento (AT: 1=ausente; 2=presente, mas rudimentar; 3=presente, com aparência normal; 4=presente, com ranhura; 5=presente, com rachadura); Textura do tegumento (TT: 1=lisa; 2=áspera; 3=pilosa); Cor do tegumento (CorT: 1=branca; 2=amarela creme; 3=marrom clara; 4=marrom escura); e Cor da borda da semente (CB: 1=branca; 2=amarela creme; 3=marrom clara; 4=marrom escura). Todas as medidas de sementes foram expressas em centímetros (cm).

Apêndice E – Continuação.

Genótipo	Descritores de Sementes											
	%ÓLEO ^{na}	%PALM ^{na}	%EST ^{na}	%OLEI ^{na}	%LINOL ^{na}	%LINOLÊ ^{na}	PRODO*	PPALM*	PEST*	POLEI*	PLINOL*	PLINOLÊ*
BGH-0035	39,9	15,5	8,5	20,7	55,2	0,2	92,2	35,7	19,6	47,8	127,7	0,6
BGH-0672	40,8	14,2	9,4	19,4	56,7	0,2	133,1	46,4	30,8	63,4	185,1	0,7
BGH-0900	39,4	13,4	9,2	19,8	57,3	0,2	195,8	66,8	46,0	98,4	285,2	1,1
BGH-1207	41,2	14,4	8,8	28,6	48,0	0,2	114,5	40,1	24,5	79,5	133,3	0,5
BGH-1219	41,6	15,7	9,3	16,8	58,0	0,2	220,5	83,3	49,1	88,8	307,2	1,0
BGH-1514	41,3	15,1	9,1	18,3	57,3	0,2	114,8	42,0	25,2	50,9	159,5	0,5
BGH-1922	42,2	15,7	9,8	21,4	52,9	0,2	201,3	74,9	46,9	101,9	252,6	0,8
BGH-1946	42,4	15,1	7,6	22,6	54,5	0,2	287,0	102,1	51,4	153,3	369,4	1,1
BGH-1956	41,9	15,1	10,5	17,9	56,4	0,2	148,7	53,5	37,1	63,5	200,0	0,6
BGH-3333	42,8	14,3	8,8	25,6	51,0	0,3	158,1	53,0	32,6	94,6	188,6	0,9
BGH-3581	41,2	15,3	9,0	28,3	47,3	0,2	141,0	52,3	30,7	96,9	161,7	0,6
BGH-4139	40,1	15,4	8,9	16,1	59,5	0,2	158,2	60,6	35,0	63,4	234,5	0,8
BGH-4360	43,1	15,3	9,2	18,9	56,4	0,3	227,4	80,7	48,2	99,8	297,1	1,4
BGH-4514	42,2	15,9	9,1	20,8	54,1	0,2	216,0	81,3	46,5	106,3	276,7	0,8
BGH-4515	41,2	15,8	9,2	23,6	51,2	0,2	201,3	77,3	44,7	115,3	249,9	1,0
BGH-4585	42,5	15,4	9,4	19,7	55,4	0,2	164,7	59,5	36,4	76,3	214,3	0,8
BGH-4586	40,3	14,9	9,6	19,1	56,2	0,2	185,0	68,5	44,0	87,5	258,1	0,9
BGH-4600	43,7	15,4	10,4	17,3	56,7	0,2	205,8	72,7	48,9	81,6	267,0	1,1
BGH-4615	42,1	16,0	10,4	21,3	51,8	0,6	253,8	96,4	62,8	128,3	312,3	3,8
BGH-4617	41,7	15,7	9,5	19,0	55,8	0,1	243,4	91,4	55,2	110,7	325,4	0,7
BGH-4623	41,6	15,7	9,2	17,8	57,0	0,3	126,5	47,9	27,9	54,0	173,2	0,9
BGH-4628	44,4	15,8	10,0	22,3	51,8	0,2	148,7	52,8	33,4	74,6	173,3	0,6
BGH-5210	41,3	15,8	9,1	18,8	56,2	0,2	162,0	61,9	35,8	73,5	220,4	0,6
BGH-5232	41,9	14,8	8,9	22,8	53,4	0,2	206,9	72,8	44,0	112,4	263,7	0,9
BGH-5233	42,6	14,8	9,0	20,4	55,7	0,2	173,9	60,5	36,5	83,2	227,1	0,6
BGH-5235	42,0	15,3	9,2	26,3	49,0	0,2	161,3	58,8	35,3	101,2	188,3	0,8
BGH-5253	39,7	14,4	10,1	22,5	52,9	0,2	131,0	47,5	33,3	74,2	174,5	0,5
BGH-5257	41,0	15,7	8,8	17,8	57,4	0,3	219,4	84,0	47,1	95,4	307,0	1,4
BGH-5449	42,9	14,4	8,8	20,9	55,8	0,1	191,8	64,4	39,4	93,6	249,5	0,6
BGH-5621	38,6	14,1	8,6	26,1	51,0	0,2	111,6	40,7	25,0	75,6	147,6	0,5
BGH-5622	40,4	14,9	7,6	22,6	54,7	0,2	136,2	50,3	25,6	76,2	184,2	0,7
BGH-5635	41,3	14,9	8,5	19,9	56,6	0,2	91,2	32,9	18,8	43,9	125,1	0,4
BGH-6153	43,1	14,6	9,3	23,5	52,5	0,2	107,5	36,4	23,2	58,5	130,7	0,4
BGH-6154	44,7	15,0	8,9	20,6	55,3	0,2	130,6	43,9	25,9	60,3	161,8	0,6
BGH-6996	40,7	15,2	9,1	18,8	56,8	0,2	146,0	54,7	32,6	67,4	203,9	0,6
BGH-6997	41,2	14,1	8,9	24,8	51,9	0,3	118,0	40,4	25,5	71,1	148,9	0,7
BGH-6999	43,6	15,3	7,9	24,3	52,3	0,2	146,4	51,3	26,6	81,7	175,5	0,6
BGH-7003	35,0	16,3	7,6	29,2	46,7	0,2	21,3	10,0	4,6	17,8	28,5	0,1
BGH-7316	42,6	15,4	9,9	17,4	57,2	0,2	135,3	48,7	31,3	55,2	181,5	0,6
BGH-7317	42,0	14,5	8,9	23,8	52,5	0,2	229,9	79,5	48,7	130,6	287,6	1,3
BGH-7318	42,1	14,1	8,7	26,8	50,2	0,2	132,2	44,3	27,5	84,2	157,7	0,7
BGH-7319	44,1	14,1	10,1	22,7	52,9	0,2	136,9	43,7	31,3	70,6	164,4	0,6
BGH-7660	42,5	14,0	8,7	20,1	56,9	0,3	220,6	72,5	45,1	104,5	295,4	1,3
BGH-7661	41,0	15,4	9,6	19,3	55,5	0,2	167,2	62,9	39,0	79,0	226,6	0,9
BGH-7662	42,4	14,0	8,8	23,5	53,5	0,2	181,9	59,9	37,8	100,8	229,7	0,8
BGH-7663	41,5	16,6	7,8	24,0	51,4	0,2	74,6	29,8	13,9	43,2	92,4	0,4
BGH-7664	41,8	14,1	9,4	23,1	53,2	0,2	137,0	46,1	30,9	75,8	174,6	0,6
BGH-7665	40,5	15,9	8,4	19,0	56,5	0,2	82,7	32,4	17,1	38,8	115,4	0,4
BGH-7666	40,5	15,6	8,5	18,0	57,6	0,3	152,9	58,9	32,0	68,1	217,7	1,0
BGH-7667	40,0	15,6	9,8	19,3	54,9	0,4	178,5	69,9	43,8	86,3	245,2	1,7
BGH-7671	42,8	15,4	9,3	15,0	60,0	0,2	95,4	34,4	20,8	33,4	133,8	0,5
BGH-7673	40,1	15,9	8,5	18,5	56,9	0,2	34,7	13,8	7,4	16,0	49,2	0,2
BGH-7764	40,9	14,6	9,3	18,9	56,9	0,2	161,7	57,9	36,8	74,9	225,1	0,9
BGH-7765	43,2	14,8	9,6	28,4	47,0	0,3	256,7	87,6	56,7	168,6	279,0	1,9
BGH-7766	40,6	16,0	8,7	19,0	56,0	0,3	152,3	59,9	32,8	71,2	210,2	1,0
Butternut	33,4	16,3	7,5	32,1	43,8	0,2	22,1	10,8	5,0	21,2	29,0	0,2
Caserta	32,5	11,0	6,7	47,7	34,2	0,3	7,6	2,6	1,6	11,2	8,0	0,1
Jacarezinho	39,5	15,2	8,6	21,0	54,7	0,7	140,6	53,9	30,5	74,6	194,4	2,3
Tetsukabuto	29,0	14,6	7,9	26,1	50,9	0,5	11,2	5,7	3,1	10,1	19,7	0,2
Média	41,0	15,0	9,0	22,0	53,7	0,2	150,9	54,7	33,0	77,0	197,0	0,8
Mínimo	29,0	11,0	6,7	15,0	34,2	0,1	7,6	2,6	1,6	10,1	8,0	0,1
Máximo	44,7	16,6	10,5	47,7	60,0	0,7	287,0	102,1	62,8	168,6	369,4	3,8
CV(%)	-	-	-	-	-	-	35,6	35,8	35,6	35,2	35,8	34,4

^{na}Não se aplica (dados sem repetição); *Efeito de genótipo significativo pelo teste F (P<0,05). Percentagem de óleo (%ÓLEO); Percentagem de ácidos graxos: palmítico (%PALM), esteárico (%EST), oléico (%OLEI), linoléico (%LINOL) e linolênico (%LINOLÊ); Produtividade de óleo (PRODO); Produtividade dos ácidos palmítico (PPALM), esteárico (PEST), oléico (POLEI), linoléico (PLINOL) e linolênico (PLINOLÊ), expressa em kg ha⁻¹.