



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LEONEL VINICIUS CONSTANTINO

**PRÉ-MELHORAMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE
TOMATES COM BASE EM DESCRITORES
MORFOAGRONÔMICOS, BIOQUÍMICOS E MOLECULARES**

Londrina
2020

LEONEL VINICIUS CONSTANTINO

**PRÉ-MELHORAMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE
TOMATES COM BASE EM DESCRITORES
MORFOAGRONÔMICOS, BIOQUÍMICOS E MOLECULARES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para a obtenção do título de
Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Leandro S. A. Gonçalves
Co-orientador: Prof. Dr. Juliano T. V. de Resende

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Constantino, Leonel Vinicius .

Pré-melhoramento e análise sensorial de tomates com base em descritores morfoagronômicos, bioquímicos e moleculares / Leonel Vinicius Constantino. - Londrina, 2020.
88 f.

Orientador: Leandro Simões Azeredo Gonçalves.

Coorientador: Juliano Tadeu Vilela Resende.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Melhoramento de plantas - Tese. 2. Pós-colheita de hortaliças - Tese. 3. Solanum lycopersicum L. - Tese. 4. Horticultura - Tese. I. Gonçalves, Leandro Simões Azeredo . II. Resende, Juliano Tadeu Vilela. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

LEONEL VINICIUS CONSTANTINO

**PRÉ-MELHORAMENTO E ANÁLISE SENSORIAL DE TOMATES
COM BASE EM DESCRITORES MORFOAGRONÔMICOS,
BIOQUÍMICOS E MOLECULARES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para a obtenção do título de
Doutor em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Leandro S. A. Gonçalves
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Lígia Erpen-Dalla Corte
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Wilson Roberto Maluf
Universidade Federal de Lavras – UFLA

Prof. Dr. Antonio Carlos de Souza Abboud
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro –
UFRRJ

Prof. Dr. André Ricardo Zeist
Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE

Londrina, 31 de julho de 2020.

AGRADECIMENTOS

Fazer um segundo doutorado não foi fácil! Algumas vezes tive vontade de desistir. Não pelas dificuldades técnicas, inerentes a qualquer empreitada acadêmica, pois muitas delas foram evitadas ou contornadas com o auxílio de pessoas incríveis que me rodeavam, mas sim, pelo cansaço psicológico. Mas preciso ressaltar que ao se comprometer com esse desafio, eu aprendi algumas importantes lições de vida, entre as quais destaco algumas:

1. Faça aquilo que você gosta. Fará diferença na motivação de levantar da cama;
2. Deixe ao seu redor as pessoas que somam na sua vida. Essa interação permitirá boas risadas e amizades que tendem a perdurar por toda a vida;
3. Valorize o que se pode incluir no currículo Lattes, mas sem esquecer das experiências extras que ocorrem nos bastidores do processo, por meio de conversas com colegas de trabalho, produtores, técnicos extensionistas e pesquisadores.

Baseado no que mencionei acima, declaro aqui minha profunda e enorme admiração ao Prof. Leandro. Se há alguém que foi o co-responsável pela minha segunda titulação em nível de doutorado, com certeza foi ele. Afinal, não mediu esforços para que eu tivesse as melhores condições para executar os experimentos, além de ser um grande amigo e parceiro de pesquisa que dispensa qualquer elogio. Um presente inestimável que ganhei nessa fase da minha vida foi o meu co-orientador, Prof. Juliano, o qual tem contribuído grandemente para a minha formação e, também, se tornou um grande amigo e parceiro de pesquisa.

Quero aqui agradecer aos amigos e amigas do grupo de pesquisa: Laís Rossetto, Douglas Zeffa, Lígia Corte, Silas Mian, Aida Fukuji, Tauana Gibim, Karoline Pontes, Renata Giacomini, Viviane Baba, entre outros e outras, que fizeram os meus dias mais divertidos. Devo ressaltar aqui o auxílio fundamental dos meus orientados e alunos do curso de Química-UEL: Rafael Macera, Rafael Beluce, Gabriel, Ariele, Maria Beatriz e Eduardo, em que já somam dois anos de felicidade ao lado de vocês.

Agradeço à Profa. Marta Benassi do Departamento de Ciência e Tecnologia de alimentos da UEL, por me orientar nos testes com consumidores e me fazer gostar ainda mais da Ciência sensorial e sua aplicação em pesquisas com hortaliças. Também cito a Profa. Claudia Oliveira, coordenadora do curso de gastronomia da UNIFIL, que tem sido uma parceira de pesquisa sempre solícita em ajudar.

Aproveito para agradecer aos membros da banca examinadora pela disponibilidade em participar dessa defesa, uma vez reúne um grupo de especialistas da mais alta qualidade profissional e renome científico. Por fim, agradeço à Universidade Estadual de Londrina (UEL) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UEL pela oportunidade de formação, em especial, ao Laboratório de Ecofisiologia e biotecnologia Agrícola (LEBA), o qual tem sido minha segunda casa nos últimos três anos. Obrigado de coração a todos que contribuíram com essa minha conquista que, na verdade, é fruto de um esforço coletivo.

Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana. (Carl Jung)

CONSTANTINO, Leonel Vinicius. **Pré-melhoramento e análise sensorial de tomates com base em descritores morfoagronômicos, bioquímicos e moleculares**. 86 f. Tese (Programa de Pós-graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

RESUMO

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no mundo, muito apreciado pelo sabor e succulência, baixo valor calórico e alta qualidade nutricional do fruto. O aumento da produção de tomates no Brasil e no mundo tem uma importante contribuição dos programas de melhoramento genético que resultaram no desenvolvimento de cultivares mais produtivas e tolerantes ou resistentes à pragas e doenças. Entretanto, o interesse de instituições públicas e privadas em melhorar a qualidade sensorial e nutricional dos frutos, aliada às características agrônomicas desejáveis, é relativamente incipiente no Brasil. Nesse contexto, tomates *heirloom* ou “de herança” apresentam grande potencial de expansão no mercado brasileiro, por serem saborosos e atrativos pela aparência geralmente incomum, os quais são fortemente associados à agricultura familiar. Esses tomates podem ser usados para o resgate de genes para exploração da variabilidade de atributos desejáveis aos consumidores. Por sua vez, os minitomates como cereja, uva e perinha, têm se destacado no mercado de hortaliças em miniatura, com crescente adesão por consumidores e profissionais da gastronomia, dada à sua versatilidade na composição de refeições, praticidade de consumo e atratividade pelos diferentes tamanhos, formatos e cores. Devido à importância socioeconômica e alimentar do tomate é relevante explorar genótipos promissores para desenvolver novas cultivares que sejam interessantes para o mercado de hortaliças, além de contribuir na conservação da espécie e ampliação da base genética da cultura. Por isso, a tese contempla dois artigos: 1 - Diversidade genética de uma coleção brasileira de tomates *heirloom* com base nas características físicas e bioquímicas dos frutos; 2 - Minitomates com diferentes características físicas e bioquímicas são aceitos pelos consumidores? No primeiro artigo, 100 acessos de tomate *heirloom* foram caracterizados com base em atributos físicos e bioquímicos dos frutos, além de estimar a diversidade genética usando marcadores moleculares. Cinco grupos foram formados entre os acessos com base no fenótipo e na avaliação da dissimilaridade genética. No segundo artigo, cinco minitomates foram caracterizados por atributos físicos e bioquímicos, além de verificar a aceitação sensorial por 109 consumidores, que incluíram 27 profissionais da gastronomia. Os acessos foram agrupados por meio de análise de agrupamento hierárquico pelo método de Ward e as análises estatísticas realizadas no *software R*. O desenvolvimento dos mapas de preferência interno foram baseados nas notas de aceitação dos consumidores, empregando o *software* Senstools¹. Com base na aceitação global, 51 produtores preferiram o tomate cereja BRS Iracema vermelho e o amarelo 41 Iraí alongados, que podem ser explorados em futuros programas de melhoramento, além da cultivar BRS Zamir pelas suas características bioquímicas superiores.

Palavras-chave: Banco de germoplasma. Genotipagem. Horticultura. Pós-colheita. *Solanum lycopersicum* L. Teste com consumidores.

CONSTANTINO, Leonel Vinicius. **Pre-breeding and sensory analysis of tomatoes based on morphoagronomic, biochemical and molecular descriptors**. 86 p. Tese (Programa de Pós-graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

ABSTRACT

Tomato is one of the most consumed vegetables in the world, much appreciated for its taste and juiciness, low caloric value and high nutritional fruit quality. Tomato production increase in Brazil and world has an important contribution from breeding programs, resulting in the development of cultivars that are more productive and tolerant or resistant to pests and diseases. However, the interest of public and private institutions in improving the sensorial and nutritional quality of tomatoes, allied to desirable agronomic traits, is still relatively incipient in Brazil. In this context, *heirloom* tomato varieties have great expansion potential in the Brazilian market, since are tasty and attractive due to their generally unusual appearance, which are strongly associated with family farming. These tomatoes can be used to rescue genes to exploit the variability of desirable attributes for consumers. In turn, minitomates such as cherry, grape and pear, have stood out in the miniature vegetable market, with increasing adhesion by consumers and gastronomy professionals, given their versatility in the composition of meals, practicality of consumption and attractiveness by different sizes, formats and colors. Due to the socioeconomic and food importance of tomatoes, it is relevant to explore promising genotypes to develop new cultivars that are interesting for the vegetable market, in addition to contributing to the conservation of the specie and genetic base enlargement of crop. Therefore, the thesis contemplates two articles: 1 - Genetic diversity of a Brazilian collection of tomatoes *heirloom* based on the physical and biochemical fruit-related traits; 2 - Are minitomates with different physical and biochemical characteristics accepted by consumers? In the first article, 100 accessions of tomato *heirloom* were characterized based on fruit physical and biochemical attributes, besides to estimate the genetic diversity by molecular markers use. Five groups were formed among accessions based on the phenotype and on the evaluation of genetic dissimilarity. In the second article, five minitomates were characterized based on fruit physical and biochemical attributes, including the sensory acceptance by 109 consumers, which of them 27 are gastronomy professionals. The accessions means were grouped by of hierarchical clustering analysis using the Ward method and the statistical analyzes performed in *emph* software R. The development of internal preference maps was based on consumer acceptance notes, using the *software* *Senstools* ¹. Based on global acceptance, 51 tasters preferred the red cherry tomato BRS Iracema and the yellow 41 Iraí elongated, which can be exploited in further breeding programs, in addition to the cultivar BRS Zamir for its superior biochemical traits.

Keywords: Gene bank. Genotyping. Horticulture. Post-harvest. *Solanum lycopersicum* L. Test with consumers.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** Evolução da massa média dos frutos do tomateiro: Tomate groselha à esquerda (*Solanum pimpinellifolium* L.), Tomate cereja no centro (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* L.) e o tomate tradicionalmente cultivado à esquerda (*Solanum lycopersicum* L.) 13
- Figura 3.2** Alguns exemplares dos tomates heirloom do banco de germoplasma da Universidade Estadual de Londrina, cultivados em casa de vegetação e colhidos no segundo semestre de 2019..... 20
- Figura 3.3** Tomates heirloom expostos em um mercado local em Massachusetts (EUA) 21

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

UEL	Universidade Estadual de Londrina
LEBA	Laboratório de Ecofisiologia e Biotecnologia Agrícola
TPC	Total phenolic content
TFC	Total flavonoid content
VitC	Vitamina C
Ratio	Relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável
DPPH	2,2 - Diphenyl-1-picryl-hydrazyl radical
ABTS	2,2' - azinobis-[3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid radical cation
FRA P	Ferric reducing ability of plasma
TROLOX	6 - hydroxy-139 2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid
TEAC	trolox equivalent antioxidant capacity
ACP	Análise de componentes principais
MPI	Mapa de preferência interno

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivo Específico	11
3	REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1	CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEME DOMESTICAÇÃO.....	12
3.2	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA TOMATI CULTURA	13
3.3	BANCO DE GERMOPLASMA DE TOMATES.....	17
3.4	MELHORAMENTO GENÉTICO DO TOMATEIRO.....	20
3.5	QUALIDADE NUTRICIONAL E SENSORIAL	23
4	ARTIGOS DA TESE	27
	Artigo 1: Diversidade genética de uma coleção brasileira de tomates tradicionais com base nas características físicas e bioquímicas dos frutos	34
	Artigo 2: Minitomates com diferentes características físicas e bioquímicas são aceitos pelos consumidores.....	67
	REFERÊNCIAS	79
	TABELAS E FIGURAS	82
	MATERIAL SUPLEMENTAR	86

1 INTRODUÇÃO

O hábito alimentar da população brasileira vem mudando nos últimos anos, caracterizado pela busca crescente por uma alimentação mais equilibrada, aumentando a demanda por hortaliças e frutas. Nesse cenário, o fruto do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem grande importância econômica e alimentar no Brasil, contribuindo com 3% da produção mundial.

No Brasil, os tomates são classificados de acordo com a finalidade de uso (de mesa ou para processamento). Os tomates “de mesa” (para consumo *in natura*) são classificados em grupos comerciais: longa vida, caqui, saladete ou italiano, rasteiro, cereja, além de outros como *grape* e holândes. Tomateiros do grupo comercial cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* L.), também chamados de minitomates, têm se destacado na comercialização de hortaliças no Brasil devido à ampla variabilidade de aparência e sabor, versatilidade na composição de refeições e maior praticidade no consumo dado ao menor tamanho dos frutos. Além desses, existem os tomates *heirloom* ou ‘de herança’ que apresentam ampla diversidade de formas, cores, tamanhos, aromas, sabores e texturas, mas ainda são pouco explorados por programas de melhoramento genético de tomateiro.

Os tomates *heirloom* têm se popularizado no mercado consumidor e no setor gastronômico mais exigentes com a qualidade dos alimentos, que valorizam o uso sistemas de produção sustentáveis e a agrobiodiversidade regional. Apesar dos tomates *heirloom* serem facilmente encontrados em feiras, supermercados e restaurantes nos EUA e na Europa, no Brasil, eles ainda são pouco difundidos e sua comercialização fica restrita a algumas feiras livres.

O melhoramento genético impacta fortemente a tomaticultura, resultando em cultivares altamente produtivas, com boa sanidade da planta e maior tempo de conservação dos frutos. Dessa forma, a avaliação conjunta das características dos frutos permite a seleção de genótipos que resultarão em cultivares promissoras para o mercado de hortaliças, agregando maior valor aos tomates e diversificando os nichos mercadológicos.

Para o êxito de programas de melhoramento genético de plantas é indispensável a etapa de pré-melhoramento, que consiste na caracterização e avaliação da aptidão dos acessos de um banco de germoplasma. Nesse sentido, a caracterização por meio de marcadores moleculares é indispensável para o conhecimento da dissimilaridade genética, auxiliando nas tomadas de decisão dos melhoristas. Aliada às caracterizações já mencionadas, também é útil a aplicação de testes sensoriais como uma ferramenta adicional para auxiliar na seleção de genótipos, com base na aceitação e/ou preferência dos consumidores.

A Universidade Estadual de Londrina conserva uma coleção de tomates que inclui variedades *heirloom* e minitomates. Assim, torna-se necessária a caracterização e avaliação desses acessos por meio de descritores morfoagronômicos, bioquímicos e moleculares, bem como, a aceitação sensorial dos consumidores por minitomates.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Identificar genótipos promissores de tomate do banco de germoplasma da Universidade Estadual de Londrina, com base nas características físicas, bioquímicas e sensoriais dos frutos, visando a exploração da diversidade genética dos tomates *heirloom*, com foco no enriquecimento de compostos bioativos, além de verificar a aceitação sensorial dos consumidores de minitomates.

2.2 ESPECÍFICOS

1. Avaliar a diversidade genética de uma coleção de tomates *heirloom* por meio de descritores morfoagronômicos, bioquímicos e moleculares, com foco no enriquecimento de fatores nutricionais;
2. Verificar a preferência dos consumidores por minitomates com diferentes atributos físicos e bioquímicos, visando definir nichos mercadológicos para o desenvolvimento de novas cultivares.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEM E DOMESTICAÇÃO

O tomateiro é uma planta pertencente à ordem Solanales, classe Magnoliopsida, divisão Magnoliophyta, família *Solanaceae*, gênero *Solanum* e espécie *lycopersicum*. Essa família botânica engloba cerca de 90 gêneros e 1.700 espécies, entre as quais incluem importantes culturas agrícolas como batata, beringela, jiló e pimentas (NICK; SILVA, 2018).

Em 1757, Carl Von Linnaeus classificou o tomateiro dentro do gênero *Solanum*, mas em 1754, o botânico Miller sugeriu a mudança para o gênero *Lycopersicon*, definindo a nomenclatura da espécie cultivada para *L. esculentum* L. (Mill.). Um fato curioso é que o nome dado ao gênero *Lycopersicon* deriva do grego, que significa “pêssego de lobos”, pois o fruto atraía lobos na América pré-Colombiana. Após análises morfológicas e moleculares mais aprofundadas, o retorno à classificação original proposta por Linnaeus foi inevitável, e o gênero *Lycopersicon* se converteu em uma seção do gênero *Solanum* (SILVA et al., 2005; NICK et al., 2010).

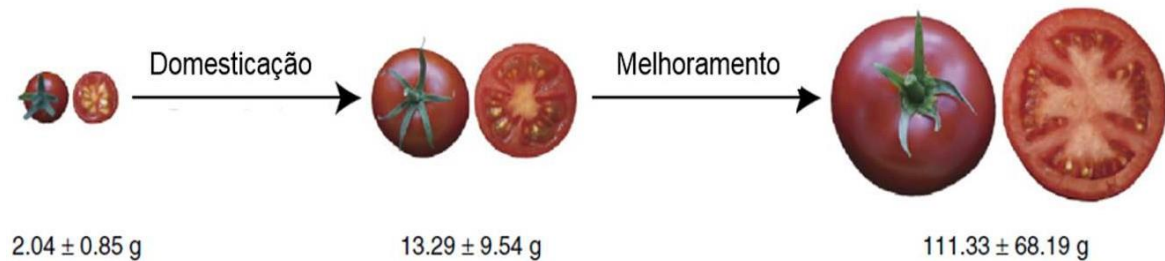
O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é originário da América do Sul, provenientes de uma área compreendida entre o oeste do Equador e norte da Bolívia e Chile, depois difundiu-se para os demais continentes (PERALTA; KNAPP; SPOONER, 2005; BOITEUX; FONSECA; GONZÁLEZ-ARCOS, 2016; NICK; SILVA, 2016). A hipótese mais provável sobre o centro de domesticação do tomateiro é que considera o Peru como centro primário de domesticação, e o México como secundário (PERALTA; KNAPP; SPOONER, 2005; KNAPP; PERALTA, 2016). Outra hipótese é de que a Ilha de Galápagos, próximo ao Equador, seja um dos centros de origem do tomateiro, sobretudo, dos frutos não vermelhos, com provável propagação das sementes por meio das aves em sua rota migratória para o continente sulamericano.

A domesticação do tomateiro cultivado ocorreu a partir do tomateiro groselha (*S. pimpinellifolium*) para o tomateiro cereja (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*), em região situada entre o Equador e o norte do Peru. Posteriormente, houve a evolução para o tomateiro tradicionalmente cultivado (*S. lycopersicum*), com evidente ganho de tamanho e massa média dos frutos (NICK; SILVA, 2016), conforme representado na Figura 3.1.

Apesar de constantemente associado à culinária italiana, o tomate já era primordialmente consumido nas civilizações Inca, Maia e Asteca, no século XVI. A dispersão da espécie cultivada para os demais continentes ocorreu com os colonizadores espanhóis, entre 1523 e 1554, que a introduziram na Espanha e depois para o resto do mundo (SILVA et al., 2005).

Inicialmente, o tomate era tido como um fruto venenoso pelos europeus, por isso, era cultivado apenas como planta ornamental. Somente no século XIX é que o tomate passou a ser consumido e cultivado em escala cada vez maior, ganhando popularidade, depois que

Figura 3.1 – Evolução da massa média dos frutos do tomateiro: Tomate groselha à esquerda (*Solanum pimpinellifolium* L.), Tomate cereja no centro (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* L.) e o tomate tradicionalmente cultivado à esquerda (*Solanum lycopersicum* L.).



Fonte: Adaptado de Lin et al. (2014).

os povos do sul da Europa declinaram sobre aquela suspeita do fruto ser venenoso, tornando-o um dos principais ingredientes da culinária mediterrânea (SILVA et al., 2005). No Brasil, o tomateiro foi introduzido pelos portugueses, embora sua produção tenha sido intensificada com a chegada de imigrantes japoneses, italianos e alemães (FILHO et al., 2018).

O tomateiro é uma planta autógama que teve sua diversidade genética reduzida devido à domesticação fora do seu centro de origem, e pelo melhoramento genético artificial realizado ao longo dos anos, com base em um número limitado de genótipos (SAAVEDRA; SPOOR; HARRIER, 2001; NICK; SILVA, 2016; BOITEUX; FONSECA; GONZÁLEZ-ARCOS, 2016). Em consequência da sua importância econômica e nutricional, os recursos genéticos do tomateiro têm sido amplamente explorados em todo o mundo, mas existe grande variabilidade genética ainda não explorada.

3.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA TOMATICULTURA

A produção de alimentos é uma atividade estratégica muito importante para o mundo, responsável por geração de empregos e renda, além do fortalecimento da segurança alimentar de cada país (disponibilidade permanente de alimentos que a população tem acesso), que inclui o cultivo e comercialização das hortaliças. Esse setor da agricultura é muito diversificado em qualidade, preço e sazonalidade de oferta dos produtos, o que contribui para a dinâmica da cadeia de comercialização das principais culturas olerícolas, especialmente na agregação de valor e maior retorno financeiro ao produtor (ROSA et al., 2018).

O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no mundo, com produção de 182 milhões de toneladas distribuída em 4,8 milhões de hectares em 2018. Nesse cenário, a Ásia contribui com 61,3% da produção mundial, seguido da América (15,7%), Europa (13,6%), África (11,8%) e Oceania (0,3%). No período de 2008 a 2018, a produção média mundial dessa hortaliça aumentou em 4 milhões de toneladas ao ano e crescimento ascendente para os próximos anos (FAO, 2020). A China, Índia e os Estados Unidos lideram o *ranking* dos países

produtores de tomate, com 61, 19 e 12 milhões de toneladas, respectivamente. O Brasil é o terceiro maior produtor de tomate do continente americano e o décimo no mundo, produzindo de 4,1 milhões de toneladas em 57,1 mil hectares em 2018, que representa 3% da produção mundial (FAO, 2020).

O tomateiro é a hortaliça de maior importância socioeconômica do Brasil, e relevante do ponto de vista da segurança alimentar, fornecendo nutrientes essenciais e compostos bioativos (vitaminas, fibras, minerais e antioxidantes) na dieta de brasileiros de todas as classes sociais (EMBRAPA, 2017). De acordo com Boteon, Deleo e Moreira (2020), a tomaticultura é praticada em 4 mil municípios brasileiros em que 200 deles concentram 80% da produção comercial, separados em 34 regiões produtoras de tomates de mesa, e três deles para processamento industrial. A produção de tomates de mesa resultou em 1,9 milhões de toneladas ao ano e rendimento de R\$ 3,5 bilhões em 2019.

A cultura do tomateiro é a sétima mais frequente nas propriedades rurais produtoras de hortaliças, presente em quase 49 mil dos estabelecimentos brasileiros. Com exceção do Norte, as demais regiões do país são produtoras da hortaliça, resultando na geração de renda e emprego, além de investimento em recursos e tecnologia no setor, que impacta indiretamente a economia regional e nacional. O sudeste do país contribui com 45,4% da produção nacional de tomates de mesa, seguido do nordeste (25,6%), sul (14,8%) e centro-oeste (14,2%).

A produção nacional de tomate de mesa é concentrada em fazendas acima de 20 hectares (60%) e em estabelecimentos de até 5 hectares (40%). Quase a totalidade das propriedades produtoras de tomate de mesa do Brasil são praticadas na agricultura familiar, que é aquela em que a gestão da propriedade é compartilhada pela família e a atividade produtiva agropecuária é a principal fonte geradora de renda, segundo a definição do Censo/IBGE (BOTEON; DELEO; MOREIRA, 2020).

Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Paraná são os maiores estados produtores de tomate, em que o primeiro foi responsável por 90% da produção brasileira na safra de 2018, predominando a finalidade para indústria, produzindo em torno de 1,4 milhões de toneladas em 15 mil hectares. No mesmo período, São Paulo, Minas Gerais e Paraná produziram 811, 745 e 247 mil toneladas respectivamente (FILHO et al., 2018). No Sul está o maior número de estabelecimentos do sistema tutorado, em que são expressivas áreas acima de 20 hectares, também são as mais representativas em termos de produção, mas as de médio e pequeno portes (BOTEON; DELEO; MOREIRA, 2020).

O tomate é a segunda hortaliça de maior relevância econômica para o Paraná, tendo movimentado cerca de R\$ 651 milhões de reais em 2017 (DERAL, 2018). Na safra de 2017/2018, o Paraná gerou em torno de 508 milhões de reais com a tomaticultura, com uma produção de 58 mil toneladas em 4,2 mil hectares. A produção paranaense de tomate é dividida em duas safras: a primeira conhecida como “safrão”, cultivada preferencialmente na primavera e verão, e a segunda conhecida como “risco” cultivada nas estações outono e inverno. As regiões norte e sul do estado contribuem com 47% e 35% da produção paranaense, respectivamente.

Em 2017, Londrina foi o município que mais produziu tomates no estado, com 32 mil toneladas cultivadas em 46 hectares, resultando em R\$ 61,5 milhões de valor bruto de produção, enquanto o segundo colocado foi Reserva com 26 mil toneladas, seguido de Faxinal com 16 mil toneladas (DERAL, 2018).

A produção paranaense de hortaliças tem grande importância socioeconômica, pois está presente em cerca de 13% das 300.000 propriedades familiares no estado. (CAMARGO-JUNIOR et al., 2018). Segundo o Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (DERAL), a produção paranaense de olerícolas cresceu 82% em 10 anos. As principais culturas olerícolas produzidas no estado são batata, mandioca, repolho, tomate, alface, cebola, cenoura e beterraba, as quais representam 73% do total produzido da olericultura paranaense. Em 2017, essa atividade registrou um Valor Bruto da Produção (entende-se que é a capacidade de gerar lucro) de três bilhões e 290 milhões de reais, correspondendo a 3,39% do total do PIB estadual (PARANÁ, 2019).

A cadeia produtiva do tomate tem apresentado expressivo desenvolvimento ao longo dos últimos anos, por isso, é altamente relevante estudos que envolvem esse setor. De acordo com Camargo-Junior et al. (2018), 31% das pesquisas com tomates envolve os aspectos relacionados à pós-colheita dos frutos, em que 10,5% tem enfoque na redução de perdas no armazenamento e no transporte, e outros referentes à qualidade nutricional relacionados a compostos bioativos como o licopeno.

Apesar da produção dos últimos anos estar estagnada, em contraste ao perfil ascendente do cenário mundial, a projeção dos especialistas para tomaticultura brasileira prevê o aumento da produção, principalmente para os minitomates (JULIAO et al., 2018). Essa tendência de crescimento é impulsionada pela expressiva maior demanda de produtos voltados ao mercado gastronômico.

O mercado de hortaliças em miniatura teve início na Europa, na década de 1990, impulsionado pela demanda do setor gastronômico. Esse tipo de hortaliça podem ser denominadas como ‘mini’, se resultante do melhoramento genético, ou ‘baby’, quando colhidas precocemente ou reduzidas durante o processamento. Os exemplos mais comuns desses vegetais em miniatura são os tomates cereja, minipimentões, miniabóboras e as minimelancias, enquanto as *baby* são representadas pelas *baby leaf* (hortaliças folhosas com folhas pouco expandidas devido à colheita precoce), minimilhos e minicenouras (SABIO; VENTURA; CAMPOLI, 2013).

Os tomateiros do grupo cereja são caracterizados por terem frutos menores, com massa média que varia 15 a 25 gramas (VIEIRA et al., 2018). No entanto, uma nova proposta de classificação comercial foi proposta por Fernandes, Corá e Braz (2007), uma vez que há grande variabilidade de tamanho e massa para esse grupo. De acordo com essa classificação, os tomates do grupo cereja podem ser considerados: gigantes (diâmetros de 35–40 mm e massa > 20 g), grandes (diâmetros de 30–35 mm e massa de 15–20 g), médios (diâmetro de 25–30 mm e massa de 10–15 g) e pequenos (diâmetros < 25 mm e massa 5–10 g).

A denominação mais adequada para tomate do grupo cereja é ‘minitomate’, uma vez que há frutos que não são redondos e vermelhos, como é o caso do tomate uva ou *grape*, de formato oblongo similar à uma baga de uva, e o perinha (formato piriforme), os quais podem ter amarelos, alaranjados ou vermelhos (ALVARENGA, 2004a; PRECZENHAK et al., 2014). Algumas espécies silvestres podem ser exploradas comercialmente como minitomates, que ainda são pouco difundidas no Brasil. O tomate groselha (*S. pimpinellifolium*) é um exemplo desse disso, apreciado pelo seu tamanho diminuto e sabor adocicado, o qual é bem popular em alguns países da América do Sul como o Peru e o Equador, além de apresentar características agrônômicas interessantes como tolerância a estresses bióticos e abióticos (SHARMA et al., 2008; ZURIAGA et al., 2009; SIFRES et al., 2007; TOP et al., 2014).

Os minitomates se destacam no mercado de hortaliças em miniatura, que se deve ao consumo cada vez mais popularizado, maior valor agregado e rendimento de frutos por planta, apesar do custo de produção relativamente superior aos outros tomates de mesa, devido à maior exigência em tratamentos culturais e em nutrição da planta (BRAGA; LORENZI, 2014; NICK; SILVA, 2016; MELO; MELO; ARAGAO, 2016; VIEIRA et al., 2018). Sua comercialização tem sido bem sucedida, como é o caso da cultivar *Sweet grape*[®] de tomate uva disponibilizada em bandejas de 180 g, que possui massa média de 10 a 20 g e cor vermelha intensa (VIEIRA et al., 2018), desenvolvido pela empresa *Sakata Seeds*.

Os minitomates são comercializados por valor mais elevado que os frutos similares de tamanho normal. Quando se compara os preços médios de tomates praticados na central de abastecimento (CEASA) de Londrina em 01/07/2020, verificou-se que para os grupos saladete e longa vida o preço kg^{-1} foi de R\$0,91 e R\$2,05, respectivamente. Para o tomate cereja, o preço foi de R\$6,00 kg^{-1} , com opção de bandeja com 375 g a R\$2,30 (PARANÁ, 2020). Desta forma, nota-se a maior rentabilidade dos minitomates ao produtor, chegando a quase 7 vezes maior que os tomates de tamanho tradicional, além de apresentar frequente estabilidade na oferta, demanda e preço nos centros de distribuição. Na mesma data, o preço do tomate cereja e do *Sweet grape*[®] na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) foi de R\$6,19 e R\$6,91 kg^{-1} , respectivamente. Ainda nesse mesmo dia, os tomates italiano extra AAA e caqui estavam sendo cotados a R\$2,35 e R\$7,02 kg^{-1} (CEAGESP, 2020).

O comércio de minitomates é notoriamente um mercado em expansão no Brasil, impulsionado pela popularização entre os consumidores. Essa crescente aceitação por tomates em miniatura pode ser justificada pela mudança do perfil das famílias brasileiras, formada por pessoas que moram sozinhas ou casais com nenhum ou poucos filhos. Dessa forma, tomates de tamanho diminuto consistem em uma excelente opção de compra para pessoas que buscam evitar desperdício de alimentos, além da maior praticidade de consumo e versatilidade na composição de refeições, lanches e aperitivos (PURQUERIO; MELO, 2011; SABIO; VENTURA; CAMPOLI, 2013). Esses frutos têm apresentado preços cada vez mais acessível para famílias com diferentes rendas financeiras, favorecendo a sua popularização em todas as classes

sociais (MODA; GONCALVES; BARBIERI, 2019).

Os minitomates representam uma oportunidade de ampliar o lucro dos horticultores e comerciantes, e o cenário futuro favorável à sua produção tem permitido o desenvolvimento de novas cultivares por empresas do segmento de hortaliças, além de pesquisas que envolvem a diminuição de perda pós-colheita, controle de pragas e doenças, enriquecimento de compostos bioativos e valorização dos atributos de qualidade sensorial como aparência e sabor.

3.3 BANCO DE GERMOPLASMA DE TOMATES

O acesso é uma amostra de população, cultivar, ou variedade de uma espécie contida em uma coleção de germoplasma vegetal. A caracterização descreve os atributos que permitem diferenciar os acessos, enquanto a avaliação do germoplasma objetiva estabelecer sua utilidade potencial (RODRIGUES et al., 2010). Um descritor é uma característica facilmente reconhecida ou mensurada em um acesso e usada para identificá-lo na coleção. Lista de descritores são disponibilizados pelo *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI), nome que foi alterado para *Bioversity International*.

Descritores de caracterização são aqueles capazes de discriminar facilmente os fenótipos, constituídos por caracteres altamente herdáveis, por meio de simples identificação visual e igualmente expresso em todos os ambientes. Alguns exemplos desse caso incluem: cor do hipocótilo, pubescência no caule, cor da corola, cor e formato de fruto quando maduro. Descritores de avaliação podem não ocorrer da mesma forma em diferentes ambientes, mas são úteis para tomadas de decisão em um programa de melhoramento genético, pois envolve o desempenho agrônomo das culturas, suscetibilidade a estresses bióticos e abióticos, e qualidade nutricional com base em análises bioquímicas.

De acordo com o tipo de descritores utilizados a caracterização dos acessos pode ser classificada em: morfológica, agrônoma, morfoagronômica (no caso de utilização conjunta descritores morfológicos e agrônomicos), citológica, bioquímica (relacionada a aspectos fisiológicos ou nutricionais da planta) e molecular (genético). A caracterização dos acessos de uma coleção é normalmente conduzida pelo curador do banco de germoplasma, enquanto a avaliação é conduzida pelo melhorista em conjunto com uma equipe de pesquisadores envolvendo diversas áreas do conhecimento.

Uma ferramenta bastante útil na caracterização molecular é a utilização de marcadores moleculares, uma vez que permitem revelar diferenças genéticas sem as interferências causadas pelo ambiente. Dessa forma, é possível identificar duplicatas na coleção e análise de diversidade e divergência genética, compondo o *fingerprint* dos acessos. Dentre as várias técnicas de caracterização molecular que utiliza o DNA, a de Polimorfismo de Comprimento de Fragmentos Amplificados (AFLP) tem sido amplamente aplicada em tomate e diversas outras solanáceas como espécies do gênero *Capsicum* spp. (PARK; WEST; STCLAIR, 2004; BABA et al., 2016; CARDOSO et al., 2018), que consiste na fragmentação do DNA isolado por meio

de enzimas de restrição, seguido da adaptação de *primers* (sequência de nucleotídeos) adaptadores e amplificação seletiva dos fragmentos via PCR (reação em cadeia da polimerase) (VOS et al., 1995).

A preservação e ampliação da biodiversidade são essenciais para programas de melhoramento, relevantes no desenvolvimento de agricultura sustentável, por isso, o conjunto de germoplasma deve ser preservado para garantir sua contínua utilização. A fim de preservar a diversidade das espécies foram criadas as coleções de germoplasma, decorrente da adoção cada vez mais de cultivares modernas em substituição aos primitivos (NICK et al., 2010).

A organização de bancos de germoplasmas aconteceu no início da década de 70, estimulada pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) das Nações Unidas, para o estabelecimento de Centros para Conservação de Recursos Genéticos, em regiões consideradas de alta variabilidade genética, devido à preocupação com a perda de biodiversidade no campo em razão da erosão genética causada pelo intensivo uso de variedades modernas. No Brasil, o primeiro banco de germoplasma a ser criado foi o do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), em 1930. Em 1974 foi criado o Centro Nacional de Pesquisa em Recursos Genéticos (CENARGEN), que mais recentemente adotou o nome de EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia. Antes disso, em 1966, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) já havia criado o Banco de germoplasma de Hortaliças, a partir de coletas de pesquisadores da UFV para regiões onde se tinha o conhecimento de variedades locais, a partir da iniciativa da própria universidade juntamente com a Fundação Rockefeller, visando resgatar espécies nativas ou introduzidas, afim de preservar, documentar e manter o intercâmbio de germoplasma (BOITEUX; FONSECA; GONZÁLEZ-ARCOS, 2016; NICK; SILVA, 2016).

Os bancos de germoplasmas existentes no mundo preserva coleções de muitas espécies cultivadas, auxiliando melhoristas e pesquisadores na conservação e ampliação dos recursos genéticos, com mais de 75.000 acessos conservados em todo o mundo. As principais coleções de tomate do mundo estão na *Plant Genetic Resource Unit* e na *Tomato Genetics Resource Center*, ambas as instituições localizadas nos Estados Unidos, que conservam juntas mais de 19.000 acessos. Além dessas, há no continente asiático a *Asian Vegetable Research and Development Center* que mantém cerca de 7.235 acessos.

No Brasil, as principais coleções de germoplasma de tomate estão conservadas no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (Embrapa Hortaliças) e em Universidades públicas como a federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Federal de Viçosa (UFV) (SILVA et al., 2005; NICK et al., 2010; NICK; SILVA, 2016), Federal de Lavras (UFLA), Estadual Norte Fluminense (UENF) e, mais recentemente, a Estadual de Londrina (UEL), em que esta última reúne os acessos do Laboratório de Ecofisiologia e Biotecnologia Agrícola (LEBA) e do Laboratório de Horticultura (LabHor), sob coordenação dos professores Leandro Gonçalves e Juliano Resende, respectivamente.

Conhecer diversidade dos recursos genéticos pertencentes às coleções dos

bancos de germoplasma é uma importante para ampliação da base genética das cultivares modernas do tomateiro. Mata et al. (2000) avaliaram sólidos solúveis totais, acidez total titulável e compostos voláteis em 26 acessos de tomateiro do banco de germoplasma da Universidade Politécnica de Valência na Espanha, e concluíram que diversos deles podem ser utilizados como fontes de genes para aumentar os níveis dos caracteres avaliados (NICK et al., 2010). Adalid, Roselló e Nuez (2013) analisaram 49 acessos de tomate, entre os quais quatorze do tipo cereja e dois do tomate comum foram selecionados por suas características nutricionais elevadas, especialmente os acessos BGV008057, BGV006863 e BGV008060. Além disso, os acessos BGV008365 e BGV012627 (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) apresentaram mais de 1,5 vezes a concentração de ácido ascórbico normalmente encontrado em tomates, e o acesso BGV008166 (*Solanum pimpinellifolium* L.) apresentou mais de 9 vezes o teor médio de licopeno relatado na literatura, destacando-se como promissores genitores em programas de melhoramento genético (NICK; SILVA, 2016). Preczenhak et al. (2014) caracterizaram 64 genótipos de minitomate do banco de germoplasma da Universidade do cento-Oeste (UNICENTRO) para atributos agrônômicos, e verificaram que cinco deles apresentaram frutos com cor mais vermelha (RVTC-07, IAC392-59, IAC1622-64, RVTC-24 e RVTC-57).

Tomates de herança são diferenciados por seus sabores excepcionais, cores e formas únicas (BARRETT et al., 2012), conforme mostrado na Figura 3.2. O termo ‘*heirloom*’, ‘de herança’ ou ‘crioulo’ se refere à plantas cultivadas, geralmente, em agricultura familiar, com sementes passadas de geração a geração. São variedades tipicamente de polinização aberta (*Open polination*), frequentemente produzidos por agricultores familiares que atendem aos mercados locais. A demanda por esse tipo de tomate tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas, principalmente nos Estados Unidos e na Europa (JORDAN, 2007), impulsionado pelo fortalecimento da agricultura orgânica e maior valorização dos produtos locais. A Figura 3.3 mostra a exposição desses tomates em um mercado de agricultores locais nos Estados Unidos.

O mercado de sementes disponibiliza uma variabilidade restrita de cultivares de tomateiro, geralmente híbridos, com alto custo de aquisição, frutos relativamente grandes e de cor vermelha, limitando as escolhas dos produtores e consumidores. Por isso, variedades crioulas de tomateiro têm crescido em importância comercial, devido a iniciativas de consumidores e de agricultores familiares ao redor do mundo e, conseqüentemente, contribuindo para a conservação da biodiversidade da espécie (O’CONNELL et al., 2012; JOSEPH et al., 2017).

No Brasil, tomates de herança ainda são pouco conhecidos e há escassez de estudos acadêmicos sobre o assunto, sobretudo, explorando a diversidade genética (VARGAS et al., 2015). De acordo com Joseph et al. (2017), essas variedades podem contribuir para melhorar os atributos sensoriais e nutricionais dos híbridos modernos, conferindo sabor e textura desejáveis aos consumidores.

Nos estudos de Goncalves et al. (2008) e Goncalves et al. (2009), os autores aplicaram ferramentas de estatística multivariada para estimar a similaridade genética de 40 acessos de tomates *heirloom*, do banco de germoplasma da Univesidade Estadual do Norte

Figura 3.2 – Alguns exemplares dos tomates *heirloom* do banco de germoplasma da Universidade Estadual de Londrina, cultivados em casa de vegetação e colhidos no segundo semestre de 2019.



Fonte: Do autor.

Fluminense (UENF). Além disso, o banco de germoplasma de tomate da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) possui 22 acessos de tomates de herança, provenientes de diversas regiões do Brasil e alguns dos EUA, os quais foram caracterizados por descritores qualitativos e quantitativos no estudo de Vargas et al. (2015). Acessos do banco de germoplasma de tomates *heirloom* da UFRRJ, cultivados em sistema orgânico, também foram estudado quanto à apreciação dos atributos sensoriais por consumidores e *chefs*, além da caracterização por descritores bioquímicos (ROCHA et al., 2013a, 2013b), com aplicação de mapa de preferência interno para estudo da segmentação de mercado.

3.4 MELHORAMENTO GENÉTICO DO TOMATEIRO

Diferentes espécies do gênero *Solanum* (sec. *Lycopersicon*) vêm sendo utilizadas em programas de melhoramento, uma vez que apresentam fontes de genes que conferem características agronômicas e nutricionais de interesse para o tomateiro cultivado (LIN et al., 2014). Por exemplo, *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* é tolerante à ambientes com alta umidade, resistência a fungos e nematoides; *S. pimpinellifolium* podem ser utilizado para aumentar

Figura 3.3 – Tomates *heirloom* expostos em um mercado local em Massachusetts (EUA).



Fonte: Joseph et al. (2017).

a intensidade de cor de frutos, além de resistência à cancro bacteriano, murcha bacteriana, pinta preta, fusariose, requeima, entre outros; e *S. galapagense* S.C. Darwin e Peralta apresenta tolerância à salinidade, maior espessura do pericarpo e gene *j jointless* (sem retenção do pedúnculo na colheita dos frutos); além de outras espécies silvestres que apresentam diversas características de interesse agrônomo (DIEZ-NICLOS, 1995; NICK; SILVA, 2016; BOITEUX; FONSECA; GONZÁLEZ-ARCOS, 2016).

Todas as espécies silvestres do tomateiro são diploides ($2n=2x=24$), assim como o tomateiro cultivado, e apresentam estrutura cromossômica similar, permitindo cruzamento entre si, embora algumas vezes com certa dificuldade (FENTIK, 2017). Nos cruzamentos interespecíficos, o tomateiro cultivado (*S. lycopersicum*) tem sido utilizado como genitor feminino, mas também pode ser usado como genitor masculino quando cruzado com *S. pimpinellifolium* (SILVA et al., 2005; NICK; SILVA, 2016).

A polinização cruzada no tomateiro domesticado (*S. lycopersicum* L.) ocorre em baixa frequência, o que acarreta em alto grau de homozigose e predomínio de endogamia. Por isso, a importância de germoplasmas com ampla diversidade genética constitui-se como critério indispensável para programas de melhoramento de plantas. Por isso, o estabelecimento e a caracterização do banco de germoplasma é extremamente importante, permitindo o sucesso do desenvolvimento de novas cultivares, além de contribuir com a preservação dos recursos

genéticos (KAUSHIK et al., 2015; STOMMEL; ABBOTT; SAFTNER, 2005; MELO; MELO; ARAGAO, 2016; BOITEUX; FONSECA; GONZÁLEZ-ARCOS, 2016; NICK; SILVA, 2016; SQUARIZ; RESENDE; TOLOMEOTTI, 2017).

No Brasil, os programas de melhoramento genético de tomate contribuíram para o aumento da produtividade de 37 t ha⁻¹ em 1990 para 69,5 t ha⁻¹ em 2018 (IBGE, 2017). A maioria deles são realizados por instituições públicas e privadas, com foco no desenvolvimento híbridos altamente produtivos, com redução do ciclo da cultura e tolerância/resistência das plantas à estresses bióticos (pragas e patógenos) e abióticos (restrição hídrica, salinidade, temperaturas extremas) (SHARMA et al., 2008; MARINHO et al., 2011; RAMALHO; ARAÚJO, 2011; BOITEUX et al., 2012). No entanto, ainda são escassas pesquisas com enfoque nos atributos nutricionais e sensoriais de minitomates, considerando as tendências de mercado reguladas pela preferência dos consumidores e profissionais da gastronomia (KLEE; TIEMAN, 2013; MELO; MELO; ARAGAO, 2016; ROCHA et al., 2013b).

Os programas de melhoramento do tomateiro no Brasil são responsáveis pela introdução de cultivares altamente produtivas, tolerantes e/ou resistentes à estresses bióticos e abióticos, por exemplo, a cultivar BRS Nagai que apresenta potencial produtivo em torno de 440 caixas de 25 kg por 1000 plantas, o que equivale a 11 kg por planta, além da resistência e/ou tolerância a mais de 40 variantes de fungos, bactérias e vírus.

Há um aumento no número de programas de melhoramento com foco em tomates enriquecidos de alguns compostos bioativos, que promovem diversos benefícios para a saúde humana, com destaque para os carotenoides como licopeno e betacaroteno (STOMMEL; ABBOTT; SAFTNER, 2005; LEIVA-BRONDO et al., 2016), compostos fenólicos e vitamina C (PATIL et al., 2014; KAUSHIK et al., 2015). Um exemplo de cultivar melhorado para essa finalidade é o ‘BRS Zamir’, um híbrido de tomate *grape* lançado em 2013 pela Embrapa Hortaliças, com maior concentração de sólidos solúveis (11°Brix) e de licopeno (114 mg kg⁻¹) (EMBRAPA, 2014).

Sabe-se que a herança associada à massa do fruto é quantitativa, logo, altamente influenciada por condições ambientais. Estudos apontam que 68% da variação fenotípica observada para esse caractere é atribuída a seis locos (*fw1.1*, *fw1.2*, *f2.1*, *fw2.2*, *fw3.2* e *fw11.3*), localizados nos cromossomos 1, 2, 3 e 11.

A cor vermelha do frutos é regulada por dois genes recessivos: *hp 1* e *hp 2* (*high pigment*), que contribuem para o aumento do teor de carotenoides no fruto. Contudo, esses genes possuem efeito pleiotrópico e atuam, por exemplo, na redução do teor de sólidos solúveis totais. Os genes *Crimson* (*og^c* e *cr*), por sua vez, elevam a concentração de licopeno no fruto em até 25% sem comprometer outras características de interesse agrônomico. O formato dos frutos são regulados por diversos genes já utilizados no melhoramento de tomates, entre eles: *pr* (periforme), *o* (*ovate*), *bk* (*beaked tomato*), *f* (*fasciate*) e *lc* (número de lóculos) (NICK; SILVA, 2016).

O pré-melhoramento refere-se aos conjuntos de atividades envolvidas na iden-

tificação das características ou genes a partir de recursos fitogenéticos, que inclui raças, populações, variedades tradicionais e silvestres, para incorporação em materiais elite (NICK et al., 2010; NASS; PATERNIANI, 2000). Sem dúvidas, essa etapa é estrategicamente importante para programas de melhoramento genético. Diante da necessidade de conservação dos recursos genéticos para expansão da agricultura brasileira e mundial, torna-se fundamental a caracterização e avaliação dos acessos em bancos de germoplasmas.

Uma vez caracterizado e avaliado o potencial de uso dos acessos em um banco de germoplasma, é fundamental a escolha adequada da estratégia do programa de melhoramento e no ganho que se deseja para o biótipo melhorado. Para isso, existem duas vias comumente utilizadas pelos programas de melhoramento genético de plantas: o desenvolvimento de linhagens ou de híbridos (BAI; LINDHOUT, 2007). No caso de hortaliças, é bastante comum o desenvolvimento de híbridos, a partir de cruzamentos dialélicos entre linhagens contrastantes, que acarreta em ganho por heterose, apresentando características desejáveis iguais ou superiores aos parentais, além de uma maior uniformidade nos componentes de produção (STOMMEL; ABBOTT; SAFTNER, 2005; TIEMAN et al., 2012).

3.5 QUALIDADE NUTRICIONAL E SENSORIAL

O fruto do tomateiro possui de 93 a 95% de água e é fonte de vitaminas e sais minerais como o potássio, contendo baixo valor calórico (cerca de 20 kcal 100 g⁻¹) (ALVARENGA, 2004b). Os principais grupos de compostos que mais afetam a qualidade dos frutos são açúcares solúveis, ácidos orgânicos, compostos fenólicos, pigmentos, substâncias pectínicas, açúcares neutros da parede celular e compostos voláteis (ROSA et al., 2018). O sabor adocicado é devido a presença de açúcares como glicose, sacarose e frutose, além de ácidos orgânicos como o málico e cítrico (SILVA et al., 2005), são responsáveis pelo equilíbrio do sabor tão apreciado pelos consumidores. Além disso, o tomate é reconhecido como um alimento de grande importância sob o ponto de vista nutricional, principalmente, por ser fonte de carotenoides como o licopeno, que atua na prevenção contra o desenvolvimento de carcinomas, além de conter outros compostos bioativos como compostos fenólicos e vitamina C (ADALID; ROSELLÓ; NUEZ, 2013; LEIVA-BRONDO et al., 2016; NICK; SILVA, 2016, 2018).

A qualidade do tomate é fortemente influenciada pelas condições de pré- e de pós-colheita (VERHEUL; SLIMESTAD; TJOSTHEIM, 2015; ROUPHAEL; KYRIACOU, 2018; KYRIACOU; ROUPHAEL, 2018), por isso, exige uma classificação cuidadosa, baseada em atributos como: tamanho, cor, simetria, injúrias e defeitos, propiciando a diferenciação de preços, na comercialização de frutos *in natura*. De acordo com Minami e Lima (2010), as características físicas mais importantes dos frutos são tamanho, forma, cor e textura. Portanto, a avaliação desses atributos em uma coleção de germoplasmas é fundamental para selecionar genitores potenciais para programas de melhoramento genético de tomates.

Os produtos agrícolas como frutas e hortaliças são bastante complexos em re-

lação à composição química, que justificam as diferentes percepções dos consumidores quanto à aparência, aroma, sabor e textura, além do uso de embalagens que contribuem para atrair os compradores e estabelecer uma marca no cenário mercadológico. Para definir a boa qualidade de um alimento exige-se pesquisas que envolvem várias áreas do conhecimento científico, afim de garantir e manter as características desejáveis do produto *in natura* ou processado aos consumidores (LIMA, 2018)

Com a valorização da qualidade nutricional das hortaliças são identificadas novas formas de consumo nas diversas classes de consumidores, além das organizações de produtores, vendas institucionais e adoção de estratégias para agregação de valor, favorecendo o incremento do lucro na cadeia produtiva (PATIL et al., 2014; ELIAS; CASTRO; VENETTI, 2019). Além disso, há uma mudança notória do comportamento dos consumidores e do setor gastronômico, estimulada por tendências como o *Slow Food*¹ e a gastronomia sustentável, que envolve o conceito de Ecogastronomia. Além de promover uma maior apreciação do alimento, essas tendências contribuem para o desenvolvimento agrícola e a produção consciente de alimentos, conservando a biodiversidade regional, valorizando o produto, o produtor e o ambiente (NAIME, 2017).

De acordo com Rosa et al. (2018), a tendência no consumo de hortaliças é afetada diretamente pela renda dos compradores/consumidores, a faixa etária e o grau de escolaridade. Para o consumo *in natura* dos tomates, a aparência é o principal fator de aceitação pelo consumidor, que engloba tamanho, formato e cor (ROSA et al., 2018). A exigência do consumidor por alimentos com melhores aparência e valor nutricional, requer o desenvolvimento de pesquisas que envolvam os principais aspectos da cadeia de produção e de comercialização do tomate, que possa atender diversos nichos de mercado e discriminação da valoração, com base na qualidade (ALVARENGA; SOUZA, 2004; FROST; GIACAONE; RASMUSSEN, 2015).

O pré-melhoramento de hortaliças têm exigido a avaliação de outros fatores que vão além da tolerância ou resistência à estresses bióticos e abióticos, dos componentes de produção e do teor dos compostos bioativos que promovem a saúde humana. Nessa perspectiva, a análise sensorial de frutas e hortaliças é uma ferramenta bastante útil em estratégias que definem segmentação de mercado (BARTOSHUK; KLEE, 2013), a qual ainda pouco explorada. Entre os atributos sensoriais e não sensoriais mais importantes dos tomates, destacam-se a tamanho, formato, cor, sabor, aroma, textura, valor nutricional e a o tipo de manejo empregado na produção. Além disso, os consumidores têm considerado a praticidade de consumo, versatilidade de uso culinário e embalagens atrativas que valorizam o produto (ALVARENGA, 2004b).

A análise sensorial consiste no estudo das percepções, sensações e reações do consumidor sobre as características de produtos (LUCIA; MINIM; CARNEIRO, 2018), a qual pode ser conceituada como uma disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e outros materiais da forma como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, tato, paladar e audição (DUTCOSKY, 2013). Por meio

dela, as características ou propriedades de interesse de um produto ou alimento são identificadas e estudadas, com base em metodologias de coleta de dados e em métodos estatísticos de avaliação e interpretação dos resultados (LUCIA; MINIM; CARNEIRO, 2018).

Além de atributos sensoriais como sabor, cor, textura e aparência, atributos ditos não sensoriais também podem orientar a aceitação de produtos pelos consumidores, como qualidade nutricional dos alimentos, uma vez que a promoção da saúde é um critério de compra dos consumidores; aspectos culturais e religiosos, menor quantidade de resíduos químicos provenientes das lavouras, entre outros (LUCIA; MINIM; CARNEIRO, 2018; LUCIA et al., 2018). Por isso, a análise sensorial de qualquer produto que se deseja testar requer uma seleção criteriosa dos atributos, para que permita uma avaliação adequada da preferência dos consumidores e suas exigências com base no perfil de grupos e suas características comuns como faixas etárias similares, poder aquisitivo com base na renda familiar, hábitos de consumo, etc.

A análise sensorial já vem sendo aplicada há algum tempo para avaliar tomates cultivados sob diferentes manejos agrícolas, bem como, a qualidade pós-colheita dos frutos (WATADA; AULENBACH, 1979; ARAÚJO et al., 2014). No entanto, como estratégia para auxiliar na seleção de genitores para um programa de melhoramento genético ainda é relativamente recente. Os estudos de Rocha et al. (2013a) e Rocha et al. (2013b) exemplificam este contexto, nos quais os autores reportam a preferência dos consumidores e *chefs* de cozinhas por minitomates com ampla variabilidade fenotípica cultivados em sistema orgânico.

O teste de aceitação é um dos mais amplamente empregados para avaliar se os consumidores gostam ou desgostam do produto (REIS; MINIM, 2013; DUTCOSKY, 2013), o qual pode ser analisado por meio de mapa de preferência interno, desenvolvido com o objetivo de comparar os atributos relacionando com as características de qualidade do produto, permitindo segmentar o mercado em grupos definidos de consumidores (REIS et al., 2018; DUTCOSKY, 2013).

O mapa de preferência interno ou análise de preferência multidimensional identifica a variação nas notas de aceitação dos consumidores, possibilitando avaliar o quanto um produto é aceito ou preferido no mercado. Uma das formas amplamente empregada para a representação do mapa consiste em um gráfico de que relaciona as notas de aceitação de cada consumidor com as dimensões de preferência, em que cada ponto tem como coordenadas os *loadings*, consistindo em correlações entre as notas de aceitação de cada consumidor e as componentes principais (REIS et al., 2018). Esse mapa utiliza escala multidimensional na análise dos dados (DAWSON; HEALY, 2018), permitindo a avaliação da individualidade dos consumidores e não somente a média do grupo de consumidores que avaliaram os produtos, como é feito comumente. Por essas e outras vantagens é que essa técnica já tem sido utilizada para produtos de origem vegetal como tofu, bebidas à base de soja (BENASSI; BENASSI; PRUDENCIO, 2011; TERHAAG; ALMEIDA; BENASSI, 2013) e minitomates (ROCHA et al., 2013b).

Os profissionais do setor gastronômico são interessantes como avaliadores

em testes sensoriais, devido à sua experiência na manipulação dos alimentos, senso de estética e sentidos como paladar e olfato tecnicamente mais apurados do que a maioria das pessoas (SHARIF et al., 2017; DAWSON; HEALY, 2018). Brouwer, Murphy e Jones (2016) defende a adoção de colaboração participativa no melhoramento genético de hortaliças entre produtores, melhoristas e *chefs* de cozinha. Conforme relatado por Beans (2017), Dawson, uma melhorista da Universidade de Wisconsin-Madison (EUA), tem se associado à *chefs* para produzir tomates mais saborosos. A contribuição desses profissionais pode auxiliar na seleção de genótipos promissores quanto ao sabor, aparência e outros atributos que atendam os interesses dos consumidores. (FROST; GIACAONE; RASMUSSEN, 2015).

Braga e Lorenzi (2014) relata que a alta gastronomia tem demandado cada vez mais do setor de hortaliças e frutas, exigindo por produtos diferenciados e de boa qualidade, com procedência conhecida. No estudo de Rocha et al. (2013a), consumidores e *chefs* foram recrutados para avaliar minitomates e contribuir com o melhoramento genético desta hortaliça. Até a presente revisão, não foram encontrados outras pesquisas acadêmicas que incluíram esse grupo especial de avaliadores com a mesma finalidade do estudo vigente.

4 ARTIGOS DA TESE

REFERÊNCIAS

- ADALID, A. M.; ROSELLÓ, S.; NUEZ, F. Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *lycopersicon*) for content of lycopene, β -carotene and ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 23, n. 6, p. 613–618, 2013.
- ALVARENGA, M. A. R. Cultivares. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). *Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004. p. 37–60.
- ALVARENGA, M. A. R. Valor alimentício. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). *Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004. p. 25–30.
- ALVARENGA, M. A. R.; SOUZA, R. A. M. Comercialização, colheita, classificação e embalagens. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). *Tomate: produção em campo, casa-de-vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004. p. 367–393.
- ARAÚJO, J. C. et al. Physico-chemical and sensory parameters of tomato cultivars grown in organic systems. *Horticultura Brasileira*, v. 32, n. 2, p. 205–209, 2014.
- BABA, V. Y. et al. Genetic diversity of *Capsicum chinense* accessions based on fruit morphological characterization and AFLP markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 63, n. 8, p. 1371–1381, 2016.
- BAI, Y.; LINDHOUT, P. Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what can we gain in the future? *Annals of Botany*, v. 100, n. 5, p. 1085–1094, 2007.
- BARRETT, C. E. et al. Fruit composition and sensory attributes of organic heirloom tomatoes as affected by grafting. *HortTechnology*, v. 22, n. 6, p. 804–809, 2012.
- BARTOSHUK, L. M.; KLEE, H. J. Better fruits and vegetables through sensory analysis. *Current Biology*, v. 23, n. 9, p. R374–R378, 2013.
- BEANS, C. Science and culture: Vegetable breeders turn to chefs for flavor boost. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 114, n. 40, p. 10506–10508, 2017.
- BENASSI, V. T.; BENASSI, M. T.; PRUDENCIO, S. H. Cultivares brasileiras de soja: características para a produção de tofu e aceitação pelo mercado consumidor. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, p. 1901–1914, 2011.
- BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. d. N.; GONZÁLEZ-ARCOS, M. Melhoramento de tomate para processamento industrial. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de Hortaliças*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. v. 1, p. 432–464.
- BOITEUX, L. S. et al. Melhoramento genético. In: MARINGÁ, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (Ed.). *Produção de tomate para processamento industrial*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012.
- BOTEON, M.; DELEO, J. P. B.; MOREIRA, M. M. Tomaticultura em números. *Hortifruti Brasil*, v. 19, n. 201, p. 12–18, Junho 2020.

- BRAGA, D.; LORENZI, C. O. Da Roça ao Chef - O que os restaurantes da alta gastronomia demandam no setor de HF. *Revista Hortifruti Brasil - Uma publicação do CEPEA ESALQ/USP*, v. 12, n. 133, p. 10–23, Abril 2014. Disponível em: <<http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/da-roca-ao-chef.aspx>>.
- BROUWER, B. O.; MURPHY, K. M.; JONES, S. S. Plant breeding for local food systems: A contextual review of end-use selection for small grains and dry beans in Western Washington. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 31, n. 2, p. 172–184, 2016.
- CAMARGO-JUNIOR, O. A. et al. Hortaliças-fruto: aspectos gerais e uma estimativa da produção cinetífica. In: FILHO, J. U. T. B.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN L. O. S. GOTO, R. (Ed.). *Hortaliças-fruto*. Maringá: EDUEM, 2018. p. 23–35.
- CARDOSO, R. et al. Genetic variability in Brazilian *Capsicum baccatum* germplasm collection assessed by morphological fruit traits and AFLP markers. *Plos One*, v. 13, p. 1–15, 2018.
- CEAGESP. *Cotaccõs. – Preccos no Atacado*. 2020. Acessado em: 5 de jul. de 2020.
- DAWSON, J.; HEALY, G. Flavour evaluation for plant breeders. In: GOLDMAN, I. (Ed.). *Plant Breeding Reviews*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2018. v. 41, p. 215–261.
- DERAL. *Departamento de Economia Rural do Estado do Paraná. Olericultura - Análise da conjuntura agropecuária*. 2018. Acessado em: 06 de mai. de 2018. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2018.pdf>>.
- DIEZ-NICLOS, J. Tipos varietales. In: NUEZ, F. (Ed.). *El cultivo del tomate*. Madrid: Mundi Prensa, 1995.
- DUTCOSKY, S. D. *Análise sensorial de alimentos*. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 540 p.
- ELIAS, M. F.; CASTRO, A. C.; VENETTI, S. Mercado: tendências no Brasil e no mundo. In: PIMENTEL, C. V. M. B.; ELIAS, M. F.; PHILIPPI, S. T. (Ed.). *Alimentos funcionais e compostos bioativos*. Barueri: Manole, 2019. p. 801–815.
- EMBRAPA. *Tomate BRS Zamir*. 2014. Acessado em: 23 de jun. de 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1262/tomate-brs-zamir>>.
- EMBRAPA. *Melhoramento do tomateiro para agregação de valor e sustentabilidade da cultura no Brasil*. 2017. Acessado em: 5 de jul. de 2020.
- FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT*. 2020. Acessado em: 29 de jun. de 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en>>.
- FENTIK, D. A. Review on Genetics and Breeding of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Advances in Crop Science and Technology*, v. 5, n. 5, p. 1–6, 2017.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate cereja em função do tamanho e peso dos frutos. *Horticultura Brasileira*, v. 25, p. 275–278, 2007.
- FILHO, J. U. T. B. et al. Solanáceas. In: FILHO, J. U. T. B.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN L. O. S. GOTO, R. (Ed.). *Hortaliças-fruto*. Maringá: EDUEM, 2018. p. 37–70.

- FROST, M.; GIACAONE, D.; RASMUSSEN, K. K. Alternative methods of sensory testing: working with chefs, culinary professionals and brew masters. In: DELARUE, J.; LAWLOR, J. B.; ROGEAUX, M. (Ed.). *Rapid Sensory Profiling Techniques and Related Methods*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. p. 363–382.
- GONCALVES, L. S. A. et al. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. *Genetics and Molecular Research*, v. 7, n. 4, p. 1289–1297, 2008.
- GONCALVES, L. S. A. et al. Heirloom tomato gene bank: assessing genetic divergence based on morphological, agronomic and molecular data using a ward–modified location model. *Genetics and Molecular Research*, v. 8, n. 1, p. 364–374, 2009.
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA*. 2017. Acessado em: 20 de mai. de 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>.
- JORDAN, J. A. The heirloom tomato as cultural object: Investigating taste and space. *Sociologia Ruralis*, v. 47, n. 1, p. 20–41, 2007.
- JOSEPH, H. et al. The Heirloom Tomato is ‘In’. Does It Matter How It Tastes? *Food, Culture & Society*, v. 20, n. 2, p. 257–280, 2017.
- JULIAO, L. et al. “TOP 10” de tendências de consumo que pode influenciar o setor de HF no Brasil neste e nos próximos anos. *Revista Hortifruti Brasil - Uma publicação do CEPEA ESALQ/USP*, v. 16, n. 176, p. 8–14, Março 2018. Disponível em: <<http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/edicao-de-marco-10-tendencias-de-consumo-de-hf.aspx>>.
- KAUSHIK, P. et al. Breeding vegetables with increased content in bioactive phenolic acids. *Molecules*, v. 20, n. 10, p. 18464–18481, 2015.
- KLEE, H.; TIEMAN, D. Genetic challenges of flavor improvement in tomato. *Trends in Genetics*, v. 29, n. 4, p. 257–262, 2013.
- KNAPP, S.; PERALTA, I. E. The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and Its Botanical Relatives. In: CAUSSE, M. et al. (Ed.). *The Tomato Genome*. Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2016. p. 7–21. ISBN 978-3-662-53387-1. 259 p.
- KYRIACOU, M. C.; ROUPHAEL, Y. Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, v. 234, p. 463–469, 2018.
- LEIVA-BRONDO, M. et al. New opportunities for developing tomato varieties with enhanced carotenoid content. *Scientia Agricola*, v. 73, n. 6, p. 512–519, 2016.
- LIMA, L. P. *Matérias-primas agropecuárias*. Viçosa: UFV, 2018. 99 p.
- LIN, T. et al. Genomic analyses provide insights into the history of tomato breeding. *Nature Genetics*, v. 46, n. 11, p. 1220–1226, 2014.
- LUCIA, S. M. D.; MINIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. Análise sensorial de alimentos. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). *Análise sensorial: estudos com consumidores*. Viçosa: UFV, 2018. p. 13–49.

- LUCIA, S. M. D. et al. Características não sensoriais e o comportamento do consumidor: conceitos e métodos estatísticos de avaliação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). *Análise sensorial: estudos com consumidores*. Viçosa: UFV, 2018. p. 148–190.
- MARINHO, C. D. et al. Revisiting the brazilian scenario of registry and protection of cultivars: an analysis of the period from 1998 to 2010, its dynamics and legal observations. *Genetics and Molecular Research*, v. 10, n. 2, p. 792–809, 2011.
- MATA, M. C. S. et al. Breeding for flavour of fresh market tomato: sources for increasing acid content. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 22, p. 250–253, 2000.
- MELO, P. C. T.; MELO, A. M. T.; ARAGAO, F. A. S. Melhoria de hortaliças no Brasil. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de Hortaliças*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. v. 1, p. 9–60.
- MINAMI, K.; LIMA, U. A. Frutos. In: LIMA, U. A. (Ed.). *Matérias-primas dos alimentos*. São Paulo: Blucher, 2010. p. 213–227.
- MODA, L. R.; GONCALVES, I. C.; BARBIERI, M. G. O consumidor de frutas. *Hortifruti Brasil*, v. 17, n. 187, p. 10–14, 2019.
- NAIME, R. *Movimento Slow Food e Ecogastronomia*. 2017. Acessado em: 9 de jul. de 2020. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2017/09/21/movimento-slow-food-e-ecogastronomia-artigo-de-roberto-naime/>>.
- NASS, L. L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola*, v. 57, p. 581–587, 2000.
- NICK, C.; SILVA, D. J. H. Melhoria de tomate. In: NICK, C.; BORÉM, A. (Ed.). *Melhoramento de hortaliças*. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. v. 1, p. 396–431.
- NICK, C.; SILVA, D. J. H. A cultura. In: NICK, C.; SILVA, D. J. H.; BORÉM, A. (Ed.). *Tomate: do plantio à colheita*. Viçosa: UFV, 2018. p. 9–20.
- NICK, C. et al. Conservação *ex situ* dos recursos fitogenéticos. In: PEREIRA, T. N. S. (Ed.). *Germoplasma: Conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas*. Viçosa, MG: Arca, 2010. p. 59–87.
- O'CONNELL, S. et al. High tunnel and field production of organic heirloom tomatoes: Yield, fruit quality, disease, and microclimate. *HortScience*, v. 47, n. 9, p. 1283–1290, 2012.
- PARANÁ. *Produção de hortaliças cresce 80/Paraná*. 2019. Acessado em: 20 de nov. de 2019. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br>>.
- PARANÁ. *Centrais de abastecimento do Paraná S/A. Ceasa Londrina*. 2020. Acessado em: 5 de jul. de 2020. Disponível em: <<http://www.ceasa.pr.gov.br>>
- PARK, Y. H.; WEST, M. A.; STCLAIR, D. Evaluation of AFLPs for germplasm fingerprinting and assessment of genetic diversity in cultivars tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Genome*, v. 47, n. 3, p. 510–518, 2004.
- PATIL, B. S. et al. The intersection of plant breeding, human health, and nutritional security: Lessons learned and future perspectives. *HortScience*, v. 49, n. 2, p. 116–127, 2014.

- PERALTA, I.; KNAPP, S.; SPOONER, D. M. New species of wild tomatoes (*Solanum* section *Lycopersicon*: Solanaceae) from northern Peru. *Systematic Botany*, v. 30, p. 424–434, 2005.
- PRECZENHAK, A. P. et al. Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. *Horticultura Brasileira*, v. 32, p. 348–356, 2014.
- PURQUERIO, L. F. V.; MELO, P. C. T. Hortaliças pequenas e saborosas. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 1, p. 1 (capa), 2011.
- RAMALHO, M. A. P.; ARAÚJO, L. C. A. Breeding self-pollinated plants. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 11, p. 1–7, 2011.
- REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Testes de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). *Análise sensorial: estudos com consumidores*. Viçosa: UFV, 2013.
- REIS, R. C. et al. Mapa de preferência. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). *Análise sensorial: estudo com consumidores*. Viçosa: UFV, 2018. p. 131–147.
- ROCHA, M. C. et al. Identifying promising accessions of cherry tomato: a sensory strategy using consumers and chefs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 93, p. 1903–1914, 2013.
- ROCHA, M. d. C. et al. A study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. *Food Research International*, v. 51, p. 265–273, 2013.
- RODRIGUES, R. et al. Atividades de caracterização e avaliação em bancos de germoplasma. In: PEREIRA, T. N. S. (Ed.). *Germoplasma: conservação, manejo e uso no melhoramento de plantas*. Viçosa, MG: Arca, 2010. p. 115–140.
- ROSA, C. I. L. F. et al. Pós-colheita e comercialização. In: FILHO, J. U. T. B.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN L. O. S. GOTO, R. (Ed.). *Hortaliças-fruto*. Maringá: EDUEM, 2018. p. 489–526.
- ROUPHAEL, Y.; KYRIACOU, M. C. Quality and safety of fresh fruits and vegetables at harvest. *Scientia Horticulturae*, v. 239, p. 78–79, 2018.
- SAAVEDRA, G.; SPOOR, W.; HARRIER, L. Molecular markers and genetic base broadening in *Lycopersicon* spp. *Acta Horticulturae*, v. 546, p. 503–507, 2001.
- SABIO, R. P.; VENTURA, M. B.; CAMPOLI, S. S. Mini e “baby” frutas e hortaliças pequenas, só no tamanho! o potencial do mercado de mini e baby hortaliças é gigante! *Revista Hortifruti Brasil - Uma publicação do CEPEA ESALQ/USP*, v. 11, n. 120, p. 8–20, Janeiro/Fevereiro 2013. Disponível em: <<http://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/o-mercado-de-mini-e-baby-hf-e-gigante.aspx>>.
- SHARIF, M. et al. Sensory evaluation and consumer acceptability. In: *Handbook of Food Science and Technology*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 362–386.
- SHARMA, A. et al. A *Solanum lycopersicum* x *Solanum pimpinellifolium* Linkage Map of Tomato Displaying Genomic Locations of R-Genes, RGAs, and Candidate Resistance/Defense-Response ESTs. *International Journal of Plant Genomics*, n. 2008, p. 1–18, 2008.

- SIFRES, A. et al. Genetic Structure of *Lycopersicon pimpinellifolium* (Solanaceae) Populations Collected after the ENSO Event of 1997–1998. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 54, p. 359–377, 2007.
- SILVA, D. J. H. et al. Recursos genéticos de tomateiro. In: LIMA, M. C. (Ed.). *Recursos genéticos de hortaliças: riquezas naturais*. São Luís, MA: Instituto Iberoamericano de Cooperação para a Agricultura, 2005. p. 169–190.
- SQUARIZ, J. C. O.; RESENDE, J. T. V.; TOLOMEOTTI, K. R. B. Avaliação da microsporogênese em acessos de mini tomate. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 13, n. 2, p. 342–355, 2017.
- STOMMEL, J. R.; ABBOTT, J. A.; SAFTNER, R. A. USDA 02L1058 and 02L1059: Cherry tomato breeding lines high fruits β -carotene content. *HortScience*, v. 40, n. 5, p. 1569–1570, 2005.
- TERHAAG, M. M.; ALMEIDA, M. B.; BENASSI, M. T. Soymilk plain beverages: correlation between acceptability and physical and chemical characteristics. *Food Science and Technology*, v. 33, n. 2, p. 387–394, 2013.
- TIEMAN, D. et al. The chemical interactions underlying tomato flavor preferences. *Current Biology*, v. 11, n. 5, p. 1035–1039, 2012.
- TOP, O. et al. Exploration of tablehree *Solanum* species for improvement of antioxidant traits in tomato. *HortScience*, v. 49, p. 1003–1009, 2014.
- VARGAS, T. O. et al. Diversidade genética em acessos de tomateiro heirloom. *Horticultura Brasileira*, v. 33, p. 174–180, 2015.
- VERHEUL, M.; SLIMESTAD, R.; TJOSTHEIM, I. H. From producer to consumer – greenhouse tomato quality as affected by variety, maturity stage at harvest, transport conditions and supermarket storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 63, n. 20, p. 5026–5034, 2015.
- VIEIRA, S. D. et al. Cultivares. In: NICK, C.; SILVA, D. J. H.; BORÉM, A. (Ed.). *Tomate: do plantio á colheita*. Viçosa: UFV, 2018. p. 85–101.
- VOS, P. et al. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research*, v. 23, n. 21, p. 4407–4414, 1995.
- WATADA, A. E.; AULENBACH, B. B. Chemical and sensory qualities of fresh market tomatoes. *Journal of Food Science*, v. 44, p. 1013–1016, 1979.
- ZURIAGA, E. et al. Genetic and bioclimatic variation in *Solanum pimpinellifolium*. *Genetic Resources and Crop Evolution*, v. 56, p. 39–51, 2009.

Artigo 1: Diversidade genética de uma coleção brasileira de tomates tradicionais com base nas características físicas e bioquímicas dos frutos

RESUMO

O tomate é uma das hortaliças mais produzidas em todo o mundo e um importante componente da alimentação humana. Apesar de pouco explorados, tomates *tradicionais* têm ampla variabilidade para características como massa, cor, tamanho, formato, doçura, acidez, vitamina C e carotenoides. Esse importante recurso genético é interessante para resgatar genes que contribuem para o enriquecimento de fatores nutricionais e sensoriais, melhorando a qualidade dos tomates de mesa. Assim, nesse estudo foram caracterizados 100 acessos de tomate *tradicionais* com base no fenótipo dos frutos (atributos físicos e bioquímicos), e no genótipo por meio de marcadores moleculares. A partir do método de agrupamento de Ward e utilizando a distância euclidiana para os dados da caracterização físico e bioquímica, e aplicando o índice de similaridade de Jaccard para os dados moleculares, cinco grupos foram formados para ambos os casos. A caracterização genotípica não resultou em grupos de acessos que têm a mesma origem, e nem na associação com os grupos da caracterização fenotípica. Três dos cinco grupos da caracterização fenotípica reuniram os dez genótipos mais promissores, com base nos atributos bioquímicos, que incluem frutos amarelos, alaranjado, vermelhos e vermelho-escuros. Assim, a caracterização dessa coleção de tomates *tradicionais* contribui para o desenvolvimento de novas cultivares e ampliação da base genética do tomateiro moderno.

Palavras-chave: banco de germoplasma, compostos bioativos, marcadores moleculares, pré-melhoramento, recursos genéticos.

1.1 Introdução

O tomate (*Solanum. lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais produzidas em todo o mundo e um importante componente da alimentação humana, com produção de aproximadamente 182,3 milhões de toneladas em aproximadamente 4,8 milhões de hectares, movimentando 64,7 milhões de dólares em 2018. O Brasil é o terceiro maior produtor de tomate do continente americano e o décimo no *ranking* mundial, produzindo 4,1 milhões de toneladas distribuídos em 57,1 mil hectares (FAO, 2020).

Além da importância econômica, o tomate é um alimento com alto valor nutricional e baixo valor calórico, por ser fonte de fibras, açúcares, ácidos orgânicos, vitaminas e minerais (Kader et al., 1978; Salehi et al., 2019). Essa hortaliça é reconhecida como um importante alimento funcional devido à presença de compostos bioativos (Chaudhary et al., 2018) como os compostos fenólicos, que incluem os flavonoides (Slimestad and Verheul, 2009), e principalmente carotenoides como o betacaroteno e licopeno (Adalid et al., 2013). Esses últimos compostos são responsáveis pela pigmentação dos frutos amarelo-alaranjados e vermelhos, respectivamente. Estudos já relataram os benefícios do consumo de tomates por causa dos efeitos terapêuticos dessas substâncias, resultando na atividade antioxidante que atua na prevenção de diversas doenças (Stinco et al., 2016; Story et al., 2010), sobretudo, relacionado ao licopeno (Clinton, 1998; Giovannucci et al., 2002).

A domesticação e o melhoramento contribuíram fortemente para o incremento de características agronômicas do tomateiro cultivado, resultando em altas produtividades, resistência a doenças e pragas e maior tempo de conservação pós-colheita. No entanto, esses processos propiciaram um declínio progressivo na rusticidade da cultura e na qualidade nutricional e sensorial dos frutos (Lin et al., 2014; Patil et al., 2014).

O resgate de características dos tomates relacionados aos atributos bioquímicos e

sensoriais, considerando ainda aspectos físicos desejáveis é um desafio para os melhoristas da atualidade. Assim, disponibilizar cultivares que atendam às expectativas dos consumidores é altamente relevante para o mercado de hortaliças, que buscam por frutos com maior qualidade nutricional e sensorial, além de valorizar sistemas de produção mais sustentáveis e conservação da agrobiodiversidade (Adegbola et al., 2019; Brouwer et al., 2016; Oltman et al., 2014; Salehi et al., 2019).

Tomates *tradicionais* são variedades que constituem um importante recurso genético, apresentando ampla variabilidade para sabor, cor, textura, formatos, tamanho, bem como, para os níveis de compostos bioativos como carotenoides, compostos fenólicos e vitamina C (Alonso et al., 2011; Jordan, 2007; Joseph et al., 2017). No Brasil, esse tipo de material genético ainda é pouco difundido e explorado em programas de melhoramento, o qual é normalmente associado à agricultura familiar (Gonçalves et al., 2008; Lázaro, 2018; Sydorovych et al., 2013; Vargas et al., 2015). Nesse contexto, algumas instituições de pesquisa vêm conservando e caracterizando esses recursos genéticos para utilização em programas de melhoramento (Gonçalves et al., 2009; Rocha et al., 2013).

A caracterização de tomates *tradicionais* é essencial para conservação dos recursos genéticos da espécie, além de contribuir para o desenvolvimento de novas cultivares por meio do melhoramento. A seleção de genótipos promissores para essa finalidade pode ser baseada em caracteres físicos e bioquímicos dos frutos, bem como, no uso de marcadores moleculares para inferir sobre a diversidade genética (Corrado et al., 2014; Gonçalves et al., 2009; Moreira et al., 2018). Por isso, foram caracterizados 100 acessos de tomate *tradicionais* de diferentes instituições brasileiras de pesquisa, com base em descritores físicos e bioquímicos, além do uso de marcadores moleculares para estimar a diversidade genética dessa coleção, visando a seleção e introdução de genótipos promissores em programas de melhoramento para desenvolvimento de novas

cultivares, com foco no enriquecimento de fatores nutricionais nos frutos e ampliação da base genética da cultura.

1.2 Material e Métodos

1.2.1 Material vegetal

Os 100 acessos fazem parte do banco de germoplasma de tomates da Universidade Estadual de Londrina (49) e também adquiridos de instituições públicas de ensino superior: Universidade Estadual do Norte Fluminense (18), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (15) e Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (18).

As sementes de cada acesso foram semeadas em bandejas de poliestireno de 128 células contendo o substrato PlantmaxHT®. Após 30 dias, as mudas foram transplantadas para vasos de 4 L e cultivadas em casa de vegetação de vidro climatizada. O experimento foi conduzido no período de junho/2019 a outubro/2019, utilizando delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições e duas plantas por parcela. As plantas foram cultivadas seguindo práticas recomendadas para o cultivo do tomateiro e utilizando fertirrigação com solução nutritiva de Hoagland and Arnon (1950).

1.2.2 Caracterização física

Para as análises físicas foram utilizadas cinco repetições. A massa dos frutos (g) determinada em balança semi-analítica (Prix Os 360 R2, Nowak), o comprimento, largura e espessura do pericarpo foram medidos com o auxílio de um paquímetro (EC799, Starrett®), expressos em mm. O volume (cm³) foi determinado pelo deslocamento de água em provetas de 100 a 2000 mL, após a imersão completa dos frutos. A cor do exocarpo dos frutos maduros, a partir da luminosidade e do ângulo

hue, foi determinada com o auxílio de um colorímetro (Minolta Co. Japan, model CR-13), utilizando D₆₅ como padrão de iluminante e ângulo de observação de 10°.

1.2.3 Caracterização bioquímica

Para as análises bioquímicas também foram utilizadas cinco repetições. O teor de sólidos solúveis (SS, °Brix) foi determinado por meio de uma refratômetro digital (Atago®) e a acidez titulável (TA) foi calculada a partir da titulação do extrato aquoso com NaOH 0.1 N e os resultados expressos como % ou g ácido cítrico 100 g⁻¹, permitindo o cálculo do *ratio* (SS/TA).

A Vitamina C foi quantificada de acordo com o protocolo da AOAC (1984) modificado por Benassi e Antunes (1988), em que os extratos das amostras foram titulados com 2,6-diclorofenol-indofenol e os resultados expressos como mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹.

Os carotenoides foram extraídos conforme o protocolo proposto por Adalid et al. (2013), com modificações. A quantificação seguiu as recomendações de Rodriguez-Amaya (2001) e Rodriguez-Amaya and Kimura (2004), em que a fase hexânica do extrato foi medida a 450 nm para betacaroteno e a 470 nm para licopeno, em espectrofotômetro (Genesys 10, Thermo), com os resultados expressos como mg kg⁻¹.

Para a extração de compostos fenólicos, incluindo os flavonoids, e outros que apresentem atividade antioxidante pelo sequestro de radicais *2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH•), foram preparadas suspensões com 1.00 g de amostra em 10,0 mL etanol (70%, v/v), que foram homogeneizadas e centrifugadas a 1013g por 10 min e o sobrenadante separado e armazenado em freezer a -20°C.

O teor de compostos fenólicos totais foi quantificado de acordo com Swain e Hillis (1959), usando ácido gálico como padrão da curva analítica (r=0,9996) e os resultados expressos como mg de equivalentes de ácido gálico 100 g⁻¹. O teor de

flavonoides totais foi quantificado conforme Gurnani et al. (2016) usando quercetina para a curva analítica ($r=0,9982$), e os resultados expressos como mg equivalentes de quercetina 100 g^{-1} . A atividade antioxidante pelo sequestro de radicais DPPH• radical foi estimada a partir da leitura do extrato etanólico a 517 nm, em que Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) foi usada como padrão analítico ($r=0,9906$), e os resultados expressos como μmol da capacidade antioxidante equivalentes ao trolox 100 g^{-1} (Brand-Williams et al., 1995).

1.2.4 Caracterização molecular

A técnica de AFLP foi realizada seguindo o protocolo proposto por Vos et al. (1995), com modificações. O DNA extraído dos cinco indivíduos de cada acesso foi misturado de maneira proporcional. Aproximadamente 500 ng desse DNA foi duplamente digerido com 1 U de *MseI* e 5 U de *EcoRI* (Thermo Scientific, Califórnia-USA) e ligado aos adaptadores *EcoRI* (0,5 μM) e *MseI* (5 μM) em uma reação contendo: T4 DNA ligase (2U); tampão T4 DNA ligase 1X; NaCl (0,05 M); BSA (50 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$); DTT (0,25 mM) para um volume final de 10 μL . O programa estabelecido para a etapa de digestão-ligação foi: 37°C por 4 h, 22°C por 1 h e 70°C por 10 min. O padrão da digestão/ligação foi visualizado em gel de agarose a 1%. Confirmada a digestão, o produto amplificado foi diluído na proporção de 1:4 com água ultrapura.

A amplificação pré-seletiva foi realizada utilizando 3,5 μL do kit GoTaq® Green Master Mix (Promega, Winchester-USA), 0,58 μL dos *primers* pré-seletivos *EcoRI* + A e *MseI* + C (4,75 μM), 3,0 μL da diluição restrição-ligação e água ultra pura, para completar o volume de 10 μL . O programa da amplificação pré-seletiva consistiu de: 1 ciclo de 72 °C por 2 min, 20 ciclos de 94 °C por 1 seg, 56 °C por 30 seg, 72 °C por 2 min e um ciclo final de 60 °C por 30 min. A confirmação da PCR pré-seletiva foi revelada em gel de agarose 2% e o produto amplificado foi diluído em 1:8 em água ultrapura.

Quatro combinações de *primers* foram escolhidas para o ensaio de amplificação seletiva (*EcoRI* (FAM)/-ATC/*MseI*-CTCG, *EcoRI* (NED) – AGC/*MseI*-CAA, *EcoRI* (VIC) – ACT/*MseI*-GAG, *EcoRI* (PET) – AGC/*MseI*-CAC).

As reações seletivas foram realizadas em um volume de 10 µL contendo: 3,5 µL de master mix para PCR (GoTaq® Green Master Mix, Promega, Winchester-USA), 0,54 µL de cada *primer MseI* (5 µM) e *EcoRI* (1µM), 2,5 µL da reação de pré-amplificação diluída e 2,92 µL de água ultrapura. O programa de amplificação foi composto por 1 ciclo de 94°C por 2 min, 65°C por 30 seg e 72°C por 2 min; 8 ciclos de 94°C por 1 seg, 64°C por 30 seg e 72°C por 2 min; 23 ciclos de 94°C por 1 seg, 56°C por 30 seg e 72°C por 2 min e 1 ciclo final de 60°C por 30 min. A resolução dos fragmentos foi realizada por eletroforese capilar usando o analisador automático de DNA modelo 3500xL (Applied Biosystems, Califórnia-USA). Os resultados da eletroforese dos fragmentos foram combinados em uma matriz binária pelo software GeneMapper® v.4.1 (Applied Biosystems).

1.2.5 Análise dos dados

As médias dos acessos foram distribuídas em histogramas para cada atributo analisado e os dados foram tabulados considerando as médias de cada acesso para a estatística descritiva. A análise de correlação de postos de Spearman foi aplicada aos dados e a significância dos coeficientes de correlação verificada pelo teste *t-student* ($P < 0.05$). O dendrograma baseado na caracterização fenotípica foi obtido a partir da distância euclidiana e do método de agrupamento de Ward, usando o pacote *NbClust* para determinar o número adequado de grupos. Para a seleção dos dez genótipos mais promissores foi aplicado o índice de seleção proposto por Mulamba and Mock (1978).

O coeficiente de similaridade de Jaccard e o método de agrupamento de Ward foram aplicados aos dados da caracterização molecular para a obtenção do

dendrograma. Além disso, o agrupamento Bayesiano foi realizado por meio do *software Structure* (Hubisz et al., 2009), baseado no método descrito por Evano et al. (2005), com 100.000 interações (Monte Carlo Markov Chain), assumindo grupos mistos e frequências de alelos correlacionados. Valores de número de cluster (k) variando de 1 a 100 foram testados, com 10 interações independentes para cada valor de k. O número do grupos (k) foi determinado de acordo com Evano et al. (2005), e o gráfico gerado pela interface *Structure Harvester* (Earl and vonHoldt, 2012). Os dados foram analisados pelo *software R* (<http://www.r-project.org>), utilizando os pacotes *corrplot* (Wei et al., 2017), *dendextend* (Galili et al., 2019), *ape* (Paradis et al., 2019), *NbClust* (Charrad et al., 2015) e *ade4* (Siberchicot et al., 2018).

1.3 Resultados

1.3.1 Caracterização física dos frutos

As médias dos acessos dos 100 acessos de tomate *tradicionais* foram distribuídas em classes (**Figura A1**) e podem ser observadas na **Tabela S1** do Material suplementar. Em 80% deles, que as massas variaram de 0 a 50 g, e os volumes de 0 a 50 cm³. Os acessos UEL 307, UEL 265 e UEL 216 destacam-se na coleção por apresentar os maiores frutos, com massa e volume superior a 120 g e 130 cm³, respectivamente.

Para 80% dos acessos, o comprimento dos frutos ficou entre 20 a 50 mm e quase 70% deles apresentaram largura entre 20 e 40 mm, 5% menor que 20 mm e o restante de 40 a 100 mm. Majoritariamente, a espessura do pericarpo variou de 2 a 5 mm, 5% deles menor que 2 mm e 15% acima de 5 mm. Nesse contexto, o acesso UEL 307 apresentou os maiores comprimento (> 60 mm) e largura (> 70 mm) da coleção, seguido dos acessos UEL 301, UEL 304 e UEL 216. Os acessos com maiores espessuras do pericarpo (>7 mm) foram UEL 244 e UEL 218.

Frutos vermelhos são predominantes nessa coleção de tomates *tradicionais*, o

que justifica os quase 80% dos acessos que tiveram ângulo Hue de até 60, além da maioria serem caracterizados como frutos de cor escura, uma vez que menos de 20% apresentaram valores de luminosidade maiores que 35. Os acessos UEL 143, UEL 273 e UEL 212, UEL 230, UEL 133 se destacaram na coleção como frutos de cor vermelha intensa, os acessos UEL 301, UEL 304 e UEL 268 possuem cor vermelha escura, enquanto os acessos UEL 258 e UEL 220 UEL 307 e UEL 173 são frutos amarelos e o acesso UEL 240 o único alaranjado.

1.3.2 Caracterização bioquímica dos frutos

O teor de sólidos solúveis de quase metade dos acessos variou de 5 a 6°Brix e um quarto deles tiveram valores menores que 5°Brix e maiores que 6°Brix, respectivamente. A acidez titulável para quase 70% dos acessos foi menor que 0,4 g de ácido cítrico 100 g⁻¹, em que metade deles contém de 0,30 a 0,40 g 100g⁻¹. Como resultado da relação (*ratio*) entre o teor de sólidos solúveis (SS) e a acidez titulável (TA), nota-se que em quase 90% dos acessos, a variação deste atributo foi de 10 a 40, enquanto para 2% deles o *ratio* ficou entre 50 e 60. Apesar dos acessos UEL 175, UEL 307, UEL 172 e UEL 161 terem apresentados os maiores teores de sólidos solúveis totais, os maiores valores de *ratio* (SS/TA) foram encontrados para os acessos UEL 147 (50,70) e UEL 133 (37,09).

Aproximadamente 85% dos acessos apresentaram teores de compostos fenólicos e de flavonoides que variaram de 5,0 a 20,0 e 1,0 a 3,0 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Os teores médios de vitamina C dos genótipos apresentaram uma distribuição aparentemente normal, com maior variação entre os atributos bioquímicos quanto ao número de classes e frequência, em que quase metade deles tem variação de 15 a 30 mg 100 g⁻¹, enquanto cerca de 13% tiveram concentrações entre 35,0 a 70,0 mg 100 g⁻¹. O acesso UEL 151 apresentou os maiores teores de compostos fenólicos e flavonoides da

coleção (23,15 e 7,27 mg 100 g⁻¹, respectivamente), e o acesso UEL 221 foi o que teve maior atividade antioxidante.

Quase de 90% dos frutos tiveram concentrações de betacaroteno de até 100 mg kg⁻¹, enquanto para o teor de licopeno, 70% deles apresentam valores entre 20 e 80 mg kg⁻¹. Para ambos os carotenoides, a maior frequência de concentração foi em torno de 50 mg kg⁻¹. A distribuição das médias de atividade antioxidante ficou bem equilibrada nas classes, em que 43% dos acessos teve valores superiores a 300 µmol 100 g⁻¹. O acesso 220 é o que teve maior teor de betacaroteno (169,67 mg kg⁻¹), enquanto UEL 268 e UEL 235 estão entre os acesso com maiores teores de licopeno da coleção (165,82 e 123,75 mg kg⁻¹, respectivamente).

De forma geral, a massa e o volume foram os atributos físicos que tiveram maior variabilidade nessa coleção, com coeficientes de variação superiores a 100%, e amplitude de 257 g e de 270 mm, respectivamente (ver **Tabela S1** no Material Suplementar). As menores variações foram da espessura do pericarpo, luminosidade e ângulo hue, com coeficientes de variação de 32,56; 11,96 e 32,71%, respectivamente. Para os atributos bioquímicos, as menores variações foram de sólidos solúveis e teor de compostos fenólicos (CV>30%), enquanto a maior variação do teor de licopeno (CV=58,30%), com amplitude de 77 mg kg⁻¹. O teor médio de licopeno foi de 56,47 mg kg⁻¹ e para betacaroteno de 54,88 mg kg⁻¹.

1.3.3 Correlação entre as características físicas e bioquímicas dos frutos

Os coeficientes de correlação de postos de Spearman (**Figura A2**) indicaram dependências positivas significativas da massa, comprimento, largura, volume com a espessura do pericarpo ($\rho>0,60$), teor de betacaroteno com o teor de licopeno ($\rho=0,36$), teor de sólidos solúveis com *ratio* ($\rho>0,34$) e teor de betacaroteno com ângulo hue ($\rho>0,27$). Entretanto, correlações negativas foram observadas entre *ratio* e acidez

titulável ($\rho=-0,86$), além da relação inversa entre a massa, largura e volume com o teor de sólidos solúveis ($\rho<-0,40$), bem como, da massa, largura e volume com atividade antioxidante ($\rho<-0,40$).

1.3.4 Análise multivariada da caracterização fenotípica

Com base no pacote *NbClust*, os acessos puderam ser discriminados em cinco grupos por meio da distância euclidiana e o método de agrupamento Ward (**Figura A3 e Figura A4**). Os acessos do grupo A, formado por UEL 301 e UEL 304, reúnem maiores comprimento, espessura do pericarpo, teor de sólidos solúveis e atividade antioxidante dos frutos e menores teores de betacaroteno e luminosidade (**Figura A5**), em que o acesso UEL 304 destaca-se pelo maior teor médio de sólidos solúveis. Os 16 acessos do grupo B reúnem maiores massa, volume e largura dos frutos e menores atividade antioxidante e teor de sólidos solúveis, características essas não desejáveis para programas de melhoramento de tomateiro.

Os 15 acessos do grupo C tiveram maiores ângulo hue e teores de betacaroteno e de licopeno dos frutos e menor volume, no qual destacam-se os acessos UEL 220 e UEL 268 pelos maiores teor de betacaroteno e de licopeno (169,87 e 165,82 mg kg⁻¹, respectivamente). Os 18 acessos do grupo D apresentaram maiores teores de flavonoides totais e de compostos fenólicos totais nos frutos e menores acidez, ângulo hue e luminosidade, em sua maioria constituídos por frutos vermelho-escuros.

Apesar de maiores atividades antioxidantes, os 48 acessos do grupo E também tiveram maior acidez, além de menores ângulo hue, luminosidade e teores de flavonoides totais e de vitamina C. Entretanto, esse grupo apresentou maior número de valores discrepantes (*outliers*) superiores para vitamina C, entre eles o acesso UEL 230 com média de 47,12 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹.

Os grupos A, C e D têm acessos interessantes para incrementar o nível de fatores

nutricionais e sensoriais em novas cultivares de tomate, que reúnem frutos amarelos, alaranjados, vermelhos e vermelhos escuros. Assim, as suas características justificam o painel dos acessos selecionados (Figura A6) e os grupos a que pertencem: UEL 133 (D), UEL 221 (C), UEL 155 (E), UEL 240 (C), UEL 268 (C), UEL 230 (D), UEL 173 (C), UEL 235 (C), UEL 220 (C) e UEL 304 (A), aplicado o índice de seleção com base somente nos atributos bioquímicos.

1.3.5 Análise multivariada da caracterização genotípica

Os quatro pares de *primers* utilizados para análise de AFLP produziram 695 bandas, das quais 645 foram polimórficas, o que representa 92% de polimorfismo. As combinações E-ACA/M-CAC, E-ACG/M-CAA, E-ACT/M-CAA, E-ACG/M-GAC produziram 127, 175, 164 e 179 bandas, respectivamente.

Pela análise de agrupamento hierárquico Ward, cinco grupos foram formados pelos índices propostos pelo pacote *NbClust*. Com relação ao agrupamento resultante da caracterização molecular (Figura A7), nota-se que o grupo I é formado por um único acesso (UEL 273), o qual é proveniente da banco de germoplasma da Universidade Estadual de Londrina (UEL). O grupo II é constituído por 8 acessos, dos quais 5 são oriundos da UEL e o restante do banco de germoplasma da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO).

O grupo III é constituído por 22 acessos, a maioria deles da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) e o restante da UEL. Por sua vez, os 21 acessos do grupo IV são, majoritariamente, da UEL e os demais provenientes da UNICENTRO, UENF e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Já o grupo V tem a maioria dos seus 48 acessos provenientes da UFRRJ e da UENF, seguido da UNICENTRO e da UEL. Nota-se que não houve associação entre as matrizes de distância dos dados fenotípicos e genotípicos (Figura A8).

1.4 Discussão

As maiores amplitudes de massa e volume, justificadas pela presença de frutos com diferentes tamanhos, implicam nos altos coeficientes de variação para esses atributos. A correlação direta das maiores espessura do pericarpo, à medida que aumenta as dimensões e a massa dos acessos, sugere que os acessos UEL 307, UEL 265 e UEL 244 podem ser introduzidos em programas de melhoramento, visando o aumento do tamanho dos frutos e maior rendimento de polpa. Além disso, frutos com maiores espessuras de pericarpo estão associados à maior durabilidade pós-colheita (Tasisa et al., 2018; Vieira et al., 2019).

Alguns estudos também identificaram uma correlação negativa entre a massa de fruto e o teor de sólidos solúveis (Bota et al., 2014; Flores et al., 2017; Lázaro, 2018), que provavelmente está associada à perda dos alelos com implicam em maiores teores de açúcares nos frutos, pois frutas cada vez maiores foram selecionadas ao longo do tempo (Tieman et al., 2017). Flores et al. (2017) verificaram que frutos menores como os acessos Ly-74, Ly-80 e Ly-98, classificados como pequenos ou muito pequenos, tiveram os maiores níveis teor de sólidos solúveis (8,8°Brix), em contraposição ao acesso Ly-126 que foi classificado com um fruto grande, com 246 g e 3,1°Brix.

De forma geral, as correlação observadas indicam que acessos com frutos com menores dimensões e massa implicam em maiores níveis para teores de sólidos solúveis, de compostos bioativos e atividade antioxidante. Adicionalmente, acessos com altos teores de licopeno tendem a ter concentrações expressivas de betacaroteno, o que também foi constatado por Adalid et al. (2013).

Açúcares e ácidos orgânicos são essenciais para a intensidade do sabor, um dos principais contribuintes para o consumo no mercado fresco (Gautier et al., 2008; Gioia et al., 2010). No estudo com 54 genótipos de tomate constituídos por linhagens, híbridos

e espécie silvestre, Kavitha et al. (2013) encontraram teores de sólidos solúveis e acidez que variaram de 3,7-5,2°brix e 0,24-0,70%, resultando em um *ratio* máximo de 21,67 para as variedades e híbridos comerciais. Nesse sentido, o acesso selecionado UEL 133 é o candidato promissor para melhorar o sabor das cultivares modernas, uma vez que maiores valores *ratio* para tomates são desejáveis pelos consumidores pela maior palatabilidade (Lázaro, 2018; Peixoto et al., 2018).

Ainda estudo de Kavitha et al. (2013), dentre as variedades e os híbridos comerciais, os maiores teores para os atributos químicos foram: 21,8 mg 100 g⁻¹ para vitamina C; 42,6 mg 100 g⁻¹ para teor de compostos fenólicos; 4,48 mg 100 g⁻¹ para teor de flavonoides e 129 mg kg⁻¹ para licopeno. Na coleção do presente estudo, os acessos que se destacaram-se positivamente para a maioria desses atributos foram UEL 151, UEL 214, UEL 221 e UEL 268.

O acúmulo de licopeno e betacaroteno durante os estágios finais do amadurecimento do tomate implica na mudança de cor, na maioria das vezes, resultando na cor vermelha quando há o acúmulo de licopeno (Clinton, 1998; Heber and Lu, 2002). Assim, na coleção de tomates *tradicionais* avaliada no presente estudo, os acessos UEL 268 e UEL 220 destacam-se por apresentarem altos teores de licopeno e betacaroteno, respectivamente. Assim, esses acessos podem ser explorados no desenvolvimento de novas cultivares enriquecidas desses compostos, principalmente de licopeno, que possui ação terapêutica contra câncer da próstata e outras doenças (Chaudhary et al., 2018; Giovannucci et al., 2002). O teor médio de licopeno em tomates é de 30 mg kg⁻¹ (Kuti and Konuru, 2005), embora alguns outros autores considerem 78,3 e 181,2 mg kg⁻¹ para baixo e alto nível, respectivamente (Davies and Hobson, 1981; Klee and Giovannoni, 2011).

Avaliando a variabilidade de carotenoides em 53 genótipos de tomates *tradicionais* da Espanha, Flores et al. (2017) verificaram que as maiores concentrações

licopeno, betacaroteno foram encontradas em tomates cor de rosa e vermelho, enquanto as maiores concentrações de luteína, violaxantina, neoxantina e clorofilas foram encontradas em frutos com cor escura, independentemente da cor de fruto. Ainda nesse estudo, os autores observaram os maiores teores médios de licopeno para frutos vermelhos ou vermelho-escuros com média de 74 e 79 mg kg⁻¹, respectivamente. Esses dois grupos também apresentaram os maiores teores de betacaroteno, de 5,1 e 5,5 mg kg⁻¹, para os frutos vermelhos e vermelho-escuros, respectivamente.

No estudo de Leiva-Brondo et al. (2016), 12 acessos de tomates provenientes da Europa e do continente americano foram avaliados para o teor de carotenoides. O menor teor de betacaroteno (8,31 mg kg⁻¹) foi observado para o acesso BGV6195 e o maior teor (37,52 mg kg⁻¹) para o acesso LA3538(+). Para licopeno, o menor e o maior teor foi de 14,45 e 164,92 mg kg⁻¹, para os acessos BGV2091 e BGV6195, respectivamente.

Adalid et al. (2010) avaliaram 49 acessos de tomate de 24 diferentes países e de 4 continentes, que incluíram variedades *tradicionais*. O menor e maior teores médios de vitamina C foi encontrado para os acessos BGV008068 e BGV012639, com 30 e 311 mg 100 g⁻¹, respectivamente. Os teores de betacaroteno variou de 0,79 a 14,6 mg kg⁻¹, e o teores de licopeno variou de 0,4 a 167 mg kg⁻¹. Contrariando o que era esperado e igualmente observado pelo presente estudo, os autores observaram que o acesso BCV004209 que teve o menor teor de betacaroteno era um fruto amarelo, enquanto o acesso com maior teor de licopeno (BCV008230) era um fruto vermelho. Entretanto, o acesso com maior teor de licopeno tem frutos de cor vermelha intensa, e o de menor teor, cor amarela. Dessa forma, não se pode afirmar que frutos amarelos são ricos em betacaroteno, mas há correlação de altos teores de licopeno com a maior intensidade da cor vermelha (Arias et al., 2000).

Além de carotenoides, são desejáveis tomates com altos níveis de vitamina C, compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante para o mercado de hortaliças.

Os acessos UEL 151, UEL 221 e UEL 214 são candidatos para aumentar o nível desses atributos. Diante disso, frutos enriquecidos com esses compostos bioativos tem um nicho de mercado promissor, pela crescente adesão dos consumidores por alimentos funcionais, os quais contribuem para a promoção da saúde (Kyriacou and Roupael, 2018; Lázaro, 2018; Patil et al., 2014). Ainda assim, deve ser considerado aspectos físicos atrativos dos frutos, como cor vermelha intensa e maior firmeza, além de sabor agradável e maior tempo de conservação pós-colheita (Adegbola et al., 2019; Oltman et al., 2014).

A ampla variabilidade genotípica dos acessos verificada na análise de agrupamento hierárquico justifica a expressiva variabilidade encontrada para os atributos fenotípicos dos frutos. Em programas de melhoramento é desejável ampla variabilidade para os atributos de interesse, favorecendo sua exploração a partir de estratégias de que visam materiais com características superiores.

No estudo de Gonçalves et al. (2008), em que foram avaliados 40 acessos do banco de germoplasma da UENF, dos quais alguns deles fazem parte do presente trabalho, quatro grupos foram formados, empregando o método de agrupamento *Unweighted Pair Group Method using Arithmetic averages* (UPGMA) e distância de Mahalanobis. Em outro estudo dos mesmos autores, cinco grupos forma formados a partir da abordagem por modelo local modificado por Ward, para os mesmos 40 acessos da UENF.

Os grupos formados pela análise molecular não foram correlacionados com a sua origem (banco de germoplasma) e tampouco com os atributos bioquímicos dos frutos. Assim, ressalta-se a importância de realizar ambas as caracterizações para uma avaliação mais assertiva da aptidão dos recursos genéticos de uma coleção. A ausência de relação entre os acessos agrupamentos por características fenotípicas e genotípicas também foi constada por Massucato et al. (2019), em que foram avaliados 30 acessos de

quiabos de diferentes regiões brasileiras. Os autores também concluíram que a análise de agrupamento dos dados moleculares não foi eficaz para estabelecer a relação dos grupos formados com as origem dos acessos.

A coleção com 100 tomates *tradicionais* caracterizada nesse estudo tem grande importância para os futuros programas de melhoramento no Brasil, uma vez que é uma das maiores coleções desses recursos genéticos, que apresenta ampla variabilidade para diferentes características de interesse dos melhoristas, horticultores e consumidores. Assim, novas cultivares poderão ser desenvolvidas ampliando a base genética das cultivares modernas, para caracteres de grande interesse do mercado de tomates, além de contribuir para a conservação da espécie.

1.5 CONCLUSÕES

As caracterizações fenotípica e genotípica permitiram evidenciar a diversidade genética de uma coleção brasileira de tomate *tradicionais*. Dentre os acessos caracterizados, há genótipos promissores para o ganho de massa, tamanho e rendimento de polpa dos frutos, além de permitir o aumento da relação entre sólidos solúveis e acidez e dos níveis de compostos bioativos como Vitamina C, betacaroteno, licopeno, compostos fenólicos e flavonoides.

A caracterização e avaliação dos acessos da coleção de tomates *tradicionais* permite a exploração da variabilidade dos atributos de interesse em programas de melhoramento genético no Brasil, e contribui para a conservação da espécie e ampliação da base genética de cultivares modernas.

Figuras

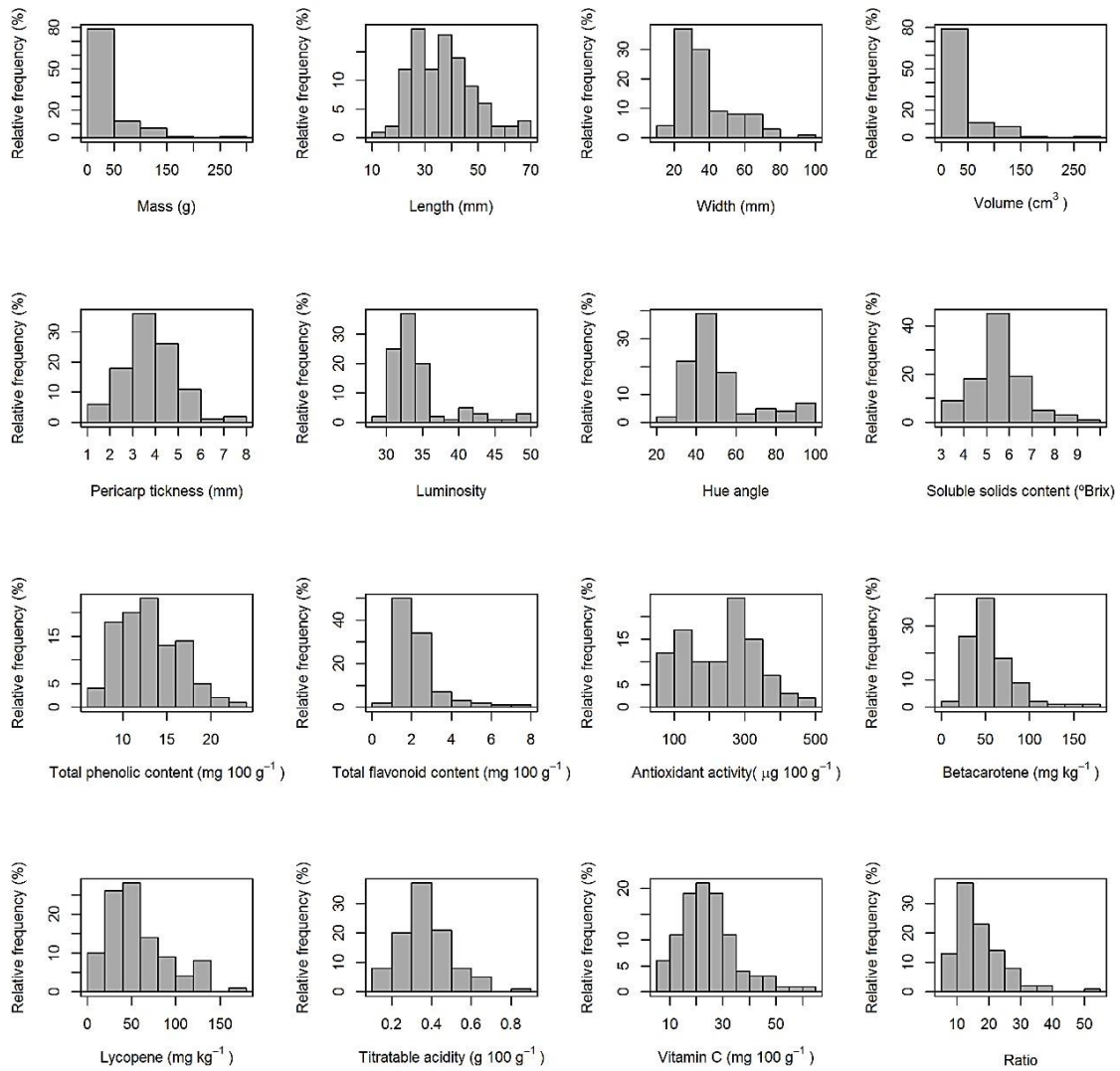


Figura A1. Médias dos atributos físicos e bioquímicos de 100 acessos de tomate *tradicionais* distribuídas em classes.

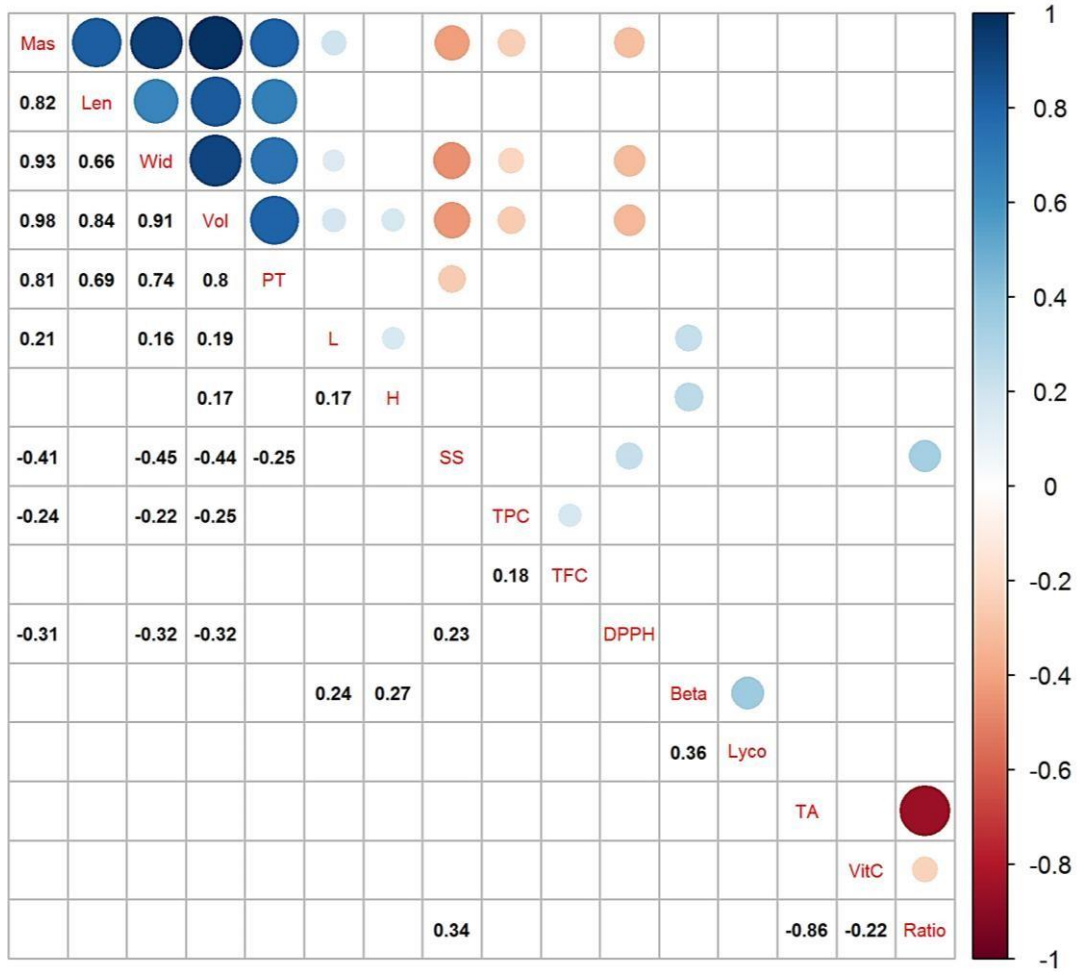


Figura A2. Matriz das correlações de postos de Spearman dos atributos analisados com os coeficientes significativos a 5% pelo teste t.

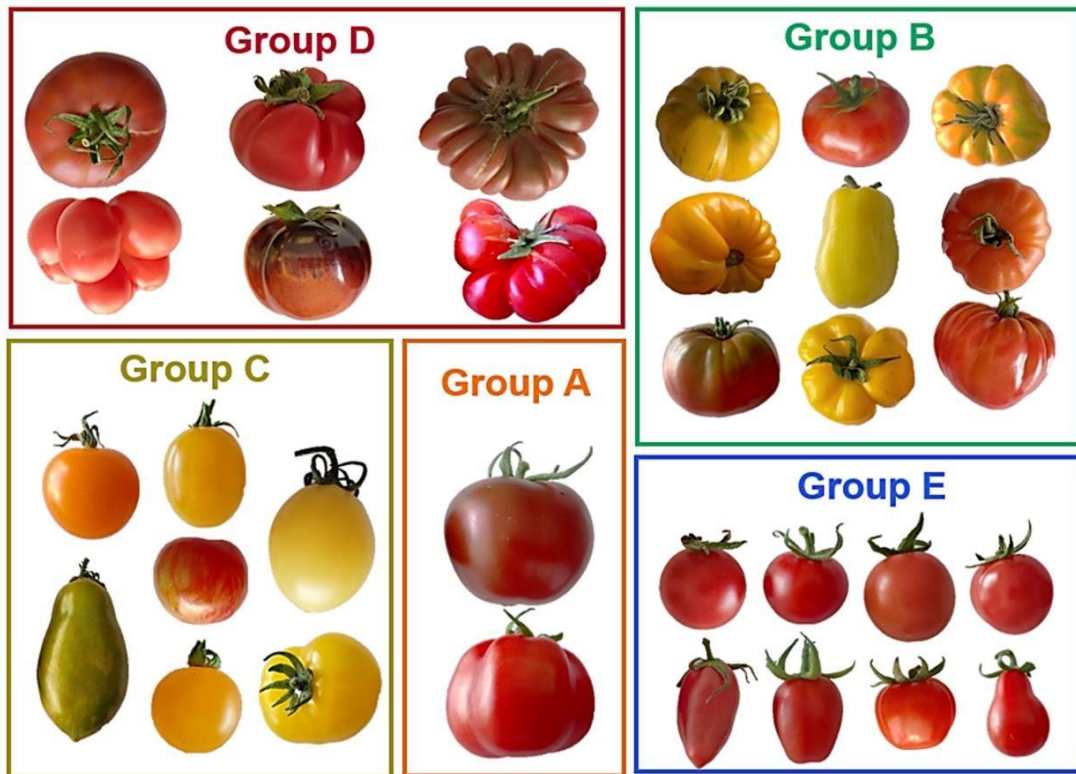


Figura A4. Acessos da coleção de tomates tradicionais representativos dos cinco grupos da caracterização fenotípica.

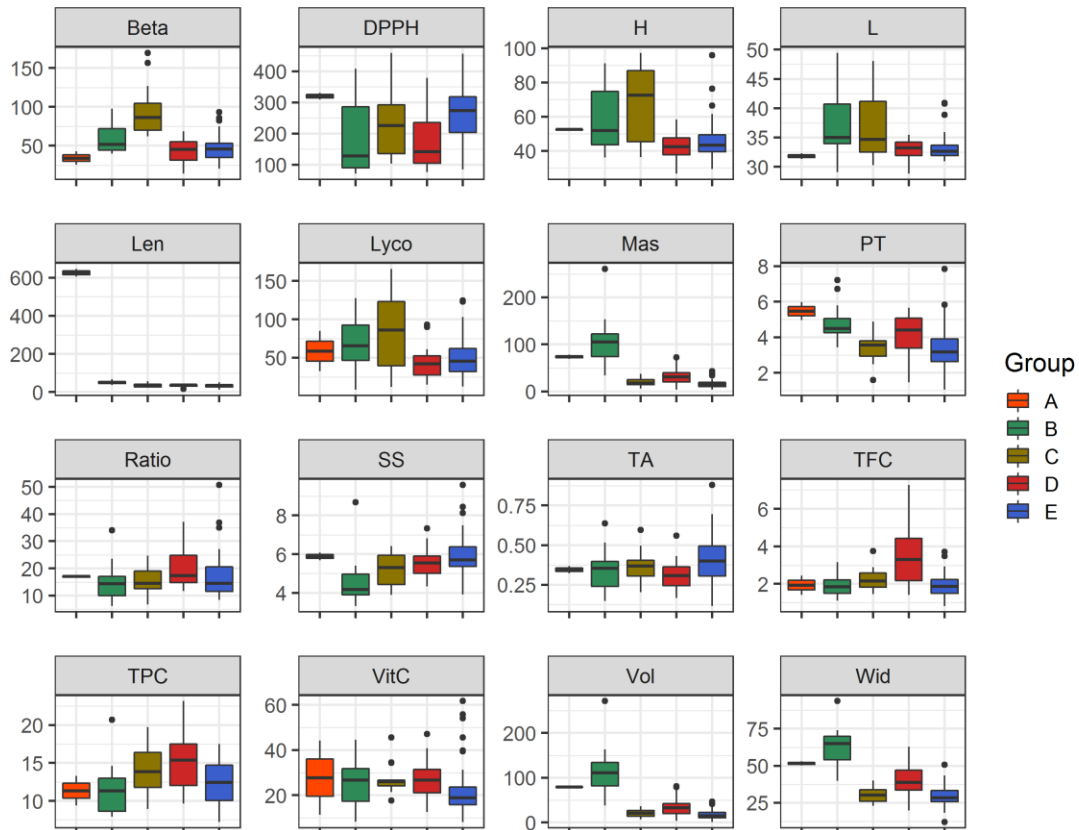


Figura A5. Gráficos em caixa com as médias dos acessos da coleção de tomates tradicionais com os cinco grupos da caracterização fenotípica.

Legenda: Beta: betacarotene content (mg kg⁻¹); DPPH: antioxidante activity by DPPH assay (μmol 100 g⁻¹); H: Hue angle; L: luminosity; Len: length (mm); Lyco: lycopene content (μg 100 g⁻¹); Mas: Fresh mass (g); PT: pericarp tickness (mm); Ratio: SST/ATT; SS: soluble solids content (°Brix); AT: titratable acidity (g citric acid 100 g⁻¹); TFC: total flavonoids content (mg 100 g⁻¹); TPC: total phenolic compounds content (mg 100 g⁻¹); VitC: vitamin C (mg 100 g⁻¹); Vol: volume (cm³); Wid: width (mm).

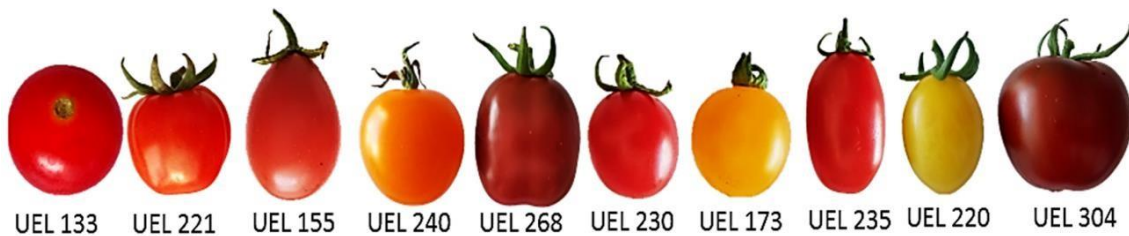


Figura A6. Painel contendo 10 tomates *tradicionais* selecionados da coleção de 100 acessos.

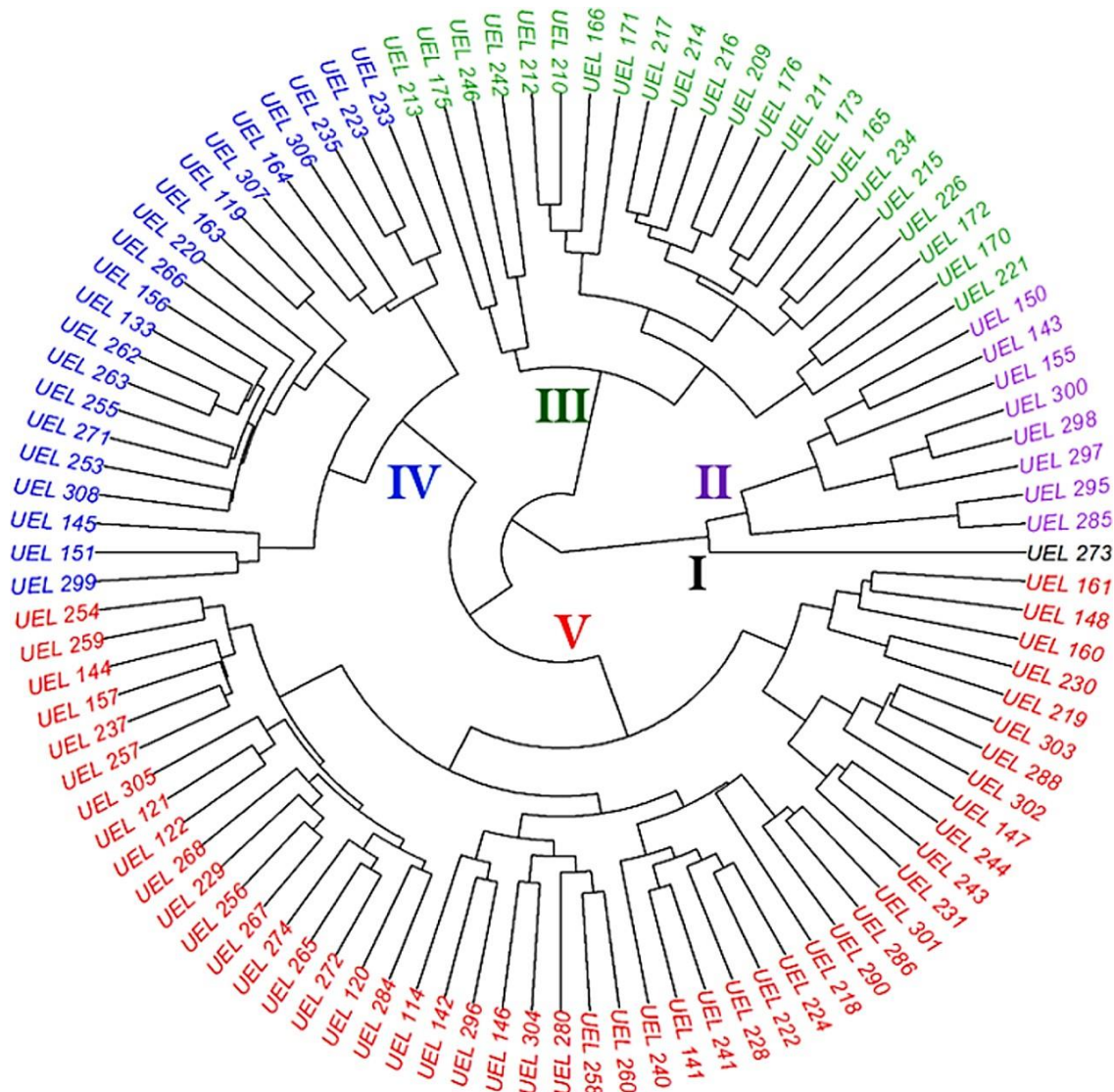


Figure A7. Dendrograma com os cinco grupos (I, II, III, IV e V) de 100 acessos de tomates *tradicionais* a partir do uso de marcadores moleculares AFLP.

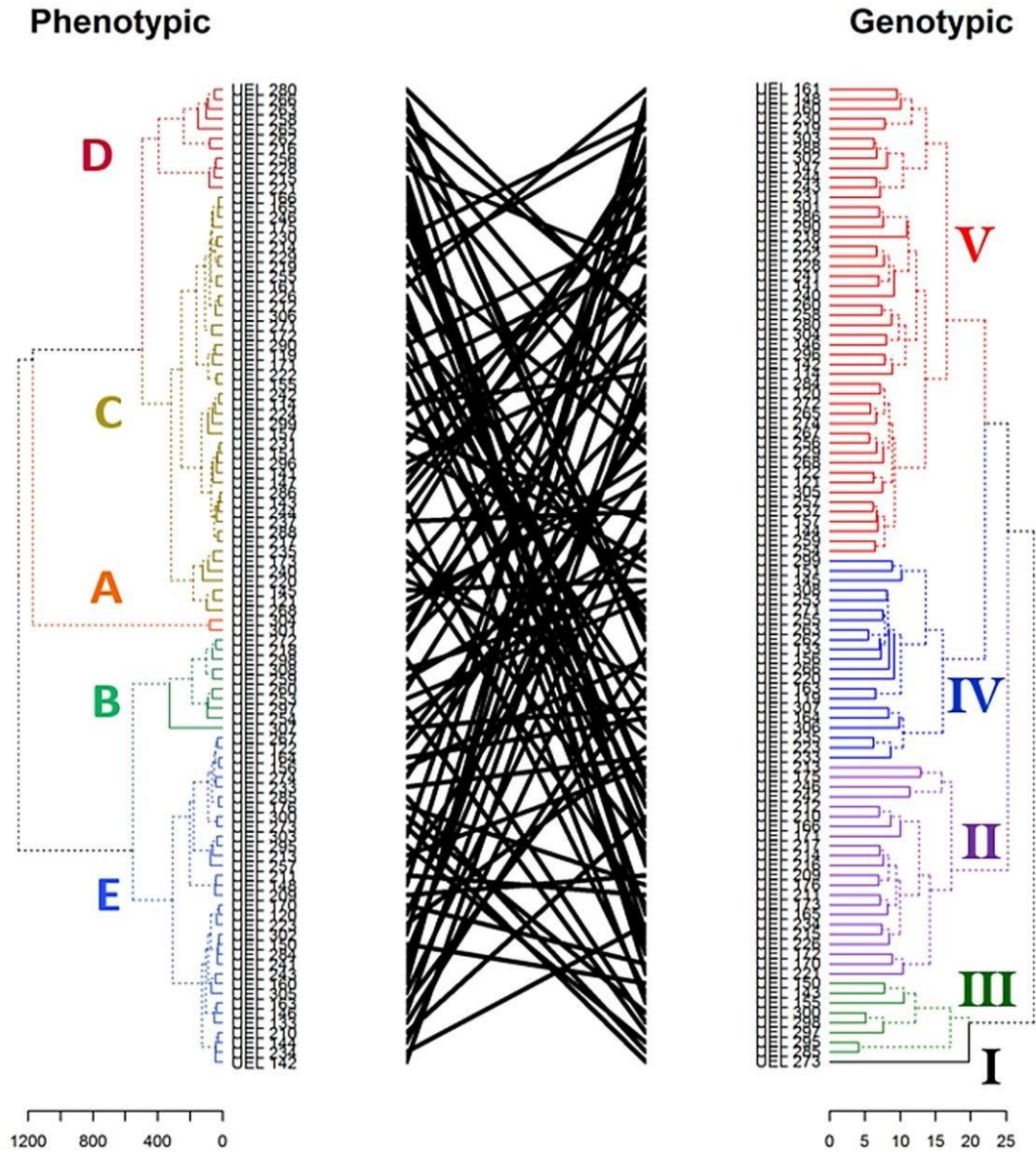


Figure A8. Dendrogramas de dissimilaridade estabelecidos para 100 acessos de tomate *tradicionais* pelos método de agrupamento de Ward, baseado na distância euclidiana (fenotípico) e de Jaccard (genotípico).

REFERÊNCIAS

- Adalid, A.M., Roselló, S., Nuez, F., 2013. Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *Lycopersicon*) for content of lycopene, b-carotene and ascorbic acid. *J Food Compost Anal* 613–618.
- Adegbola, Y.P., Ahoyo Adjovi, N.R., Adekambi, S.A., Zossou, R., Sonehekpon, E.S., Assogba Komlan, F., Djossa, E., 2019. Consumer Preferences for Fresh Tomatoes in Benin using a Conjoint Analysis. *J. Int. Food Agribus. Mark.* 31, 1–21. <https://doi.org/10.1080/08974438.2018.1469448>
- Alonso, A., Salazar, J.A., Arroyo, A., Grau, A., García-Martínez, S., Serrano, M., Ruiz, J.J., 2011. Screening a diverse collection of Tradicionais Tomato cultivars for quality and functional attributes. *Acta Hortic.* 918, 551–555.
- AOAC, 1984. Association of Official Analytical Chemists. AOAC, Washington, DC.
- Arias, R., Lee, T., Logendra, L., Janes, H., 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* colour readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with colour and lycopene content. *J. Agric. Food Chem.* 48, 1697–1702.
- Benassi, M.D.T., Antunes, A.J., 1988. A comparison of methaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arq. Biol. e Tecnol.* 31, 507–513.
- Bota, J., Conesa, M.À., Ochogavia, J.M., Medrano, H., Francis, D.M., Cifre, J., 2014. Characterization of a landrace collection for Tomàtiga de Ramellet (*Solanum lycopersicum* L.) from the Balearic Islands. *Genet. Resour. Crop Evol.* 61, 1131–1146. <https://doi.org/10.1007/s10722-014-0096-3>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT* 28, 25–30.
- Brouwer, B.O., Murphy, K.M., Jones, S.S., 2016. Plant breeding for local food systems: A contextual review of end-use selection for small grains and dry beans in Western Washington. *Renew. Agric. Food Syst.* 31, 172–184. <https://doi.org/10.1017/S1742170515000198>
- Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., Niknafs, A., 2015. Package: NbClust. Determining the Best Number of Clusters in a Data Set.
- Chaudhary, P., Sharma, A., Singh, B., Nagpal, A.K., 2018. Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *J. Food Sci. Technol.* 55, 2833–2849. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3221-z>
- Clinton, S.K., 1998. Lycopene: Chemistry, Biology, and Implications for Human Health and Disease. *Nutr. Rev.* 56, 35–51. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01691.x>
- Corrado, G., Caramante, M., Piffanelli, P., Rao, R., 2014. Genetic diversity in Italian tomato landraces: Implications for the development of a core collection. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 168, 138–144. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.01.027>
- Davies, J.N., Hobson, G.E., 1981. The constituents of tomato fruit--the influence of environment, nutrition, and genotype. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr. Rev. Food Sci. Nutr.* 15, 205–280.
- Earl, D.A., vonHoldt, B.M., 2012. STRUCTURE HARVESTER: A website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno

method. *Conserv. Genet. Resour.* 4, 359–361. <https://doi.org/10.1007/s12686-011->

9548-7

- Evanno, G., Regnaut, S., Goudet, J., 2005. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE : a simulation study. *Mol. Ecol.* 14, 2611–2620. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2005.02553.x>
- FAO, 2020. Food and agriculture organization of the united nations. FAOSTAT [WWW Document]. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 6.10.20).
- Flores, P., Sánchez, E., Fenoll, J., Hellín, P., 2017. Genotypic variability of carotenoids in traditional tomato cultivars. *Food Res. Int.* 100, 510–516. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.014>
- Galili, T., Benjamini, Y., Simpson, G., Jefferis, G., Gallotta, M., Renaudie, J., 2019. Package: dendextend. Extending “dendrogram” Functionality in R.
- Gautier, H., Diakou-Verdin, V., Bénard, C., Reich, M., Buret, M., Bougard, F., Poessel, J.L., Caris-Veyrat, C., Génard, M., 2008. How Does Tomato Quality (Sugar, Acid, and Nutritional Quality) Vary with Ripening Stage , Temperature , and Irradiance ? *J. Agric. Food Chem.* 56, 1241–1250.
- Gioia, F., Serio, F., Buttaro, D., Ayala, O., Santamaria, P., 2010. Influence of rootstock on vegetative growth, fruit yield and quality in “Cuore di Bue”, an traditional tomato. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 85, 477–482. <https://doi.org/10.1080/14620316.2010.11512701>
- Giovannucci, E., Rimm, E.B., Liu, Y., Stampfer, M.J., Willett, W.C., 2002. A Prospective Study of Tomato Products, Lycopene, and Prostate Cancer Risk. *J. Natl. Cancer Inst.* 94, 391–398. <https://doi.org/10.1093/jnci/94.5.391>
- Gonçalves, L.S.A., Rodrigues, R., Amaral Júnior, A.T., Karasawa, M., Sudré, C.P., 2008. Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato traditional accessions. *Genet. Mol. Res.* 7, 1289–1297. <https://doi.org/10.4238/vol7-4gmr526>
- Goncalves, L.S.A., Rodrigues, R., Do Amaral Junior, A.T., Karasawa, M., Sudre, C.P., 2009. Traditional tomato gene bank: Assessing genetic divergence based on morphological, agronomic and molecular data using a Ward-modified location model. *Genet. Mol. Res.* 8, 364–374. <https://doi.org/10.4238/vol8-1gmr549>
- Gurnani, N., Gupta, M., Mehta, D., Mehta, B.K., 2016. Chemical composition, total phenolic and flavonoid contents, and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts from red chilli seeds (*Capsicum frutescens* L.). *J. Taibah Univ. Sci.* 10, 462–470. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2015.06.011>
- Heber, D., Lu, Q.Y., 2002. Overview of mechanisms of action of lycopene. *Exp. Biol. Med.* 227, 920–923. <https://doi.org/10.1177/153537020222701013>
- Hoagland, D.R., Arnon, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soils. California Agricultural Experimental Station, Berkeley.
- Hubisz, M.J., Falush, D., Stephens, M., Pritchard, J.K., 2009. Inferring weak population structure with the assistance of sample group information. *Mol. Ecol. Resour.* 9, 1322–1332. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2009.02591.x>
- Jordan, J.A., 2007. The traditional tomato as cultural object: Investigating taste and space. *Sociol. Ruralis* 47, 20–41. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2007.00424.x>
- Joseph, H., Nink, E., McCarthy, A., Messer, E., Cash, S.B., 2017. “The Traditional Tomato is ‘In’. Does It Matter How It Tastes?” *Food, Cult. Soc.* 20, 257–280.

<https://doi.org/10.1080/15528014.2017.1305828>

- Kader, A.A., Morris, L.L., Stevens, M.A., Albright-Holton, M., 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 113, 742–745.
- Kavitha, P., Shivashankara, K., Rao, V.K., Sadashiva, A.T., Ravishankar, K. V., Sathish, G.J., 2013. Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. *J. Sci. Food Agric.* 94, 993–999. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6359>
- Klee, H.J., Giovannoni, J.J. 2011., 2011. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes. *Annu. Rev. Genet.* 45, 41–59.
- Kuti, J.O., Konuru, H.B., 2005. Effects of genotype and cultivation environment on lycopene content in red-ripe tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 85, 2021–2026.
- Kyriacou, M.C., Rouphael, Y., 2018. Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 234, 463–469. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>
- Lázaro, A., 2018. Tomato landraces: An analysis of diversity and preferences. *Plant Genet. Resour. Characterisation Util.* 16, 315–324. <https://doi.org/10.1017/S1479262117000351>
- Leiva-Brondo, M., Valcarcel, M., Martí, R., Roselló, S., Cebolla-Cornejo, J., 2016. New opportunities for developing tomato varieties with enhanced carotenoid content. *Sci. Agric.* 73, 512–519. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0427>
- Lin, T., Zhu, G., Zhang, J., Xu, X., Yu, Q., Zheng, Z., Zhang, Z., Lun, Y., Li, S., Wang, X., Huang, Z., Li, Junming, Zhang, C., Wang, T., Zhang, Yuyang, Wang, A., Zhang, Yancong, Lin, K., Li, C., Xiong, G., Xue, Y., Mazzucato, A., Causse, M., Fei, Z., Giovannoni, J.J., Chetelat, R.T., Zamir, D., Städler, T., Li, Jingfu, Ye, Z., Du, Y., Huang, S., 2014. Genomic analyses provide insights into the history of tomato breeding. *Nat. Genet.* 46, 1220–1226. <https://doi.org/10.1038/ng.3117>
- Massucato, L.R., Nakamura, K.K., Ruas, P.M., Zeffa, D.M., da Silva, D.J.H., Gonçalves, L.S.A., 2019. Genetic diversity among brazilian okra landraces detected by morphoagronomic and molecular descriptors. *Acta Sci. - Agron.* 42, 1–11. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.43426>
- Moreira, A.F.P., Ruas, P.M., Ruas, C. de F., Baba, V.Y., Giordani, W., Arruda, I.M., Rodrigues, R., Gonçalves, L.S.A., 2018. Genetic diversity, population structure and genetic parameters of fruit traits in *Capsicum chinense*. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*. 236, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.012>
- Mulamba, N.N., Mock, J.J., 1978. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt J. Genet. Cytol.* 7, 40–51.
- Oltman, A.E., Jervis, S.M., Drake, M.A., 2014. Consumer attitudes and preferences for fresh market tomatoes. *J. Food Sci.* 79, S2091–S2097. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12638>
- Paradis, E., Blomberg, S., Bolker, B., Brown, J., Claude, J., Cuong, H.S., Desper, R., Didier, G., Durand, B., Dutheil, J., Ewing, R., Gascuel, O., Guillerme, T., Heibl, C., Ives, A., Jones, B., Krah, F., Lawson, D., Lefort, V., Legendre, P., Lemon, J., Marcon, E., McCloskey, R., Nylander, J., Opgen-Rhein, R., Popescu, A.-A., Royer-Carenzi, M., Schliep, K., Strimmer, K., Vienne, D. de, 2019. Package: ape.

Analyses of Phylogenetics and Evolution.

- Patil, B.S., Crosby, K., Byrne, D., Hirschi, K., 2014. The intersection of plant breeding, human health, and nutritional security: Lessons learned and future perspectives. *HortScience* 49, 116–127.
- Peixoto, J.V.M., Garci, L.G.C., Nascimento, A.R., Moraes, E.R., Ferreira, T.A.P., Fernandes, M.R., Pereira, V.A., 2018. Post-harvest evaluation of tomato genotypes with dual purpose. *Food Sci. Technol.* 38, 255–262.
- Rocha, M.C., Deliza, R., Corrêa, F.M., Carmo, M.G.F. d., Abboud, A.C.S., 2013. A study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. *Food Res. Int.* 51, 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.019>
- Rodriguez-Amaya, D.B., 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. International Life Sciences Institute, Washington, USA.
- Rodriguez-Amaya, D.B., Kimura, M., 2004. HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. UNICAMP, Campinas, SP.
- Salehi, B., Sharifi-Rad, R., Sharopov, F., Namiesnik, J., Roointan, A., Kamle, M., Kumar, P., Martins, N., Sharifi-Rad, J., 2019. Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: An overview. *Nutrition* 62, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.01.012>
- Siberchicot, A., Dray, S., Dufour, A.-B., Thioulouse, J., 2018. Package: ade4. Analysis of Ecological Data: Exploratory and Euclidean Methods in Environmental Sciences.
- Slimestad, R., Verheul, M., 2009. Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1255–1270. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3605>
- Stinco, C.M., Heredia, F.J., Vicario, I.M., Mel, A.J., 2016. In vitro antioxidant capacity of tomato products : Relationships with their lycopene , phytoene , phytoflavene and alpha-tocopherol contents , evaluation of interactions and correlation with reflectance measurements. *LWT - Food Sci. Technol.* 65, 718–724. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.068>
- Story, E.N., Kopec, R.E., Schwartz, S.J., Harris, G.K., 2010. An Update on the Health Effects of Tomato Lycopene. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 1, 189–210. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.102308.124120>
- Swain, T., Hillis, W.E., 1959. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. - The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.* 10, 63–68.
- Sydorovych, O., Rivard, C.L., O'Connell, S., Harlow, C.D., Peet, M.M., Louws, F.J., 2013. Growing organic traditional tomatoes in the field and high tunnels in North Carolina: Comparative economic analysis. *Horttechnology* 23, 227–236. <https://doi.org/10.21273/horttech.23.2.227>
- Tasisa, J., Mohammed, W., Hussien, S., Kumar, V., 2018. Genetic Control of Inheritance of Fruit Quality Attributes in Tomato (*Solanum lycopersicum*). *Agric. Res.* 7, 120–128. <https://doi.org/10.1007/s40003-018-0314-x>
- Tieman, D., Zhu, G., Resende, M.F.R., Lin, T., Nguyen, C., Bies, D., Rambla, J.L., Beltran, K.S.O., Taylor, M., Zhang, B., Ikeda, H., Liu, Z., Fisher, J., Zemach, I., Monforte, A., Zamir, D., Granell, A., Kirst, M., Huang, S., Klee, H., 2017. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. *Science* 355, 391–394.

<https://doi.org/10.1126/science.aal1556>

- Vargas, T.O., Alves, E.P., Abboud, A.C.S., Leal, M.A.A., Carmo, M.G.F., 2015. Diversidade genética em acessos de tomateiro tradicionais. *Hortic. Bras.* 33, 174–180. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000200007>
- Vieira, D.A. de P., Caliari, M., de SOUZA, E.R.B., Soares Júnior, M.S., 2019. Mechanical resistance, biometric and physicochemical characteristics of tomato cultivars for industrial processing. *Food Sci. Technol.* 39, 363–370. <https://doi.org/10.1590/fst.32417>
- Vos, P., Hogers, R., Bleeker, M., Reijans, M., Lee, T. van de, Hornes, M., Friters, A., Pot, J., Paleman, J., Kuiper, M., 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Res.* 23, 4407–4414.
- Wei, T., Simko, V., Levy, M., Xie, Y., Jin, Y., Zemla, J., 2017. Package: corrplot. Visualization of a Correlation Matrix.

Material suplementar

Tabela S1 – Média dos atributos físicos e bioquímicos dos 100 acessos de tomate *tradicionais* do banco de germoplasma da UEL.

Accession	Mass	Length	Width	Volume	PT	Luminosity	Hue	SS	TPC	TFC	DPPH	Betacarotene	Lycopene	TA	VitC	Ratio
UEL 114	24.17	37.04	33.29	25.31	4.95	34.36	45.89	5.38	12.09	1.86	265.53	54.95	64.73	0.56	39.51	9.56
UEL 119	7.12	21.19	24.01	7.56	1.94	32.39	44.38	5.94	11.32	1.16	352.59	46.63	64.24	0.48	45.53	12.32
UEL 120	19.85	30.34	32.96	20.38	3.64	34.25	42.75	5.48	12.68	1.79	186.71	44.18	67.50	0.61	17.01	8.91
UEL 121	37.76	40.79	40.95	41.56	3.88	33.43	40.96	5.59	7.22	2.23	272.29	67.34	124.89	0.54	8.60	10.30
UEL 122	15.85	47.39	23.93	16.88	3.13	32.73	44.95	5.39	16.32	1.40	103.76	40.60	46.14	0.49	23.60	10.89
UEL 133	8.31	20.13	26.21	7.06	2.86	34.25	41.51	6.65	20.07	5.12	164.35	68.32	90.16	0.18	34.85	37.09
UEL 141	8.81	21.64	25.84	14.38	2.22	31.43	66.51	4.61	9.90	2.42	281.41	55.76	54.78	0.47	12.80	9.73
UEL 142	9.71	27.91	25.14	9.44	2.59	31.70	50.86	7.49	14.03	2.26	212.29	26.58	53.15	0.88	20.42	8.52
UEL 143	17.47	39.34	29.41	22.50	3.28	34.16	41.79	5.71	10.98	1.51	277.59	25.92	43.53	0.25	16.10	22.44
UEL 144	19.48	26.64	33.98	20.00	2.88	31.20	50.50	5.35	9.48	1.83	207.00	26.09	30.65	0.36	27.69	14.92
UEL 145	11.16	24.83	27.66	10.63	2.25	31.24	42.30	3.93	17.39	1.25	286.12	36.85	123.10	0.46	11.67	8.48
UEL 146	3.81	16.11	19.71	4.00	1.46	34.35	38.95	5.74	16.98	5.63	136.12	51.20	53.15	0.36	25.87	16.07
UEL 147	10.91	30.18	25.68	12.50	3.14	33.60	29.36	5.93	9.30	1.11	274.06	45.33	68.32	0.12	8.26	50.70
UEL 148	16.13	26.83	33.48	16.25	2.48	34.00	40.94	4.20	10.50	2.23	107.00	71.58	131.25	0.20	26.10	20.66
UEL 150	20.74	26.05	35.31	19.63	3.29	33.09	36.54	5.21	19.57	2.75	161.71	26.41	26.90	0.35	20.98	14.73
UEL 151	20.15	29.60	34.04	20.00	3.68	32.95	58.35	6.78	23.15	7.27	266.12	43.21	60.98	0.56	26.67	12.09
UEL 155	11.62	34.30	26.43	12.63	2.64	31.48	51.45	6.66	11.82	2.35	334.65	65.71	84.46	0.19	31.33	34.97
UEL 156	25.59	35.71	38.34	27.81	5.59	34.29	48.14	6.81	16.64	3.72	76.41	49.57	42.07	0.43	26.78	15.76
UEL 157	67.91	45.04	62.94	73.75	3.43	32.20	42.40	5.95	11.89	3.13	245.82	64.73	93.10	0.27	17.69	21.99
UEL 160	39.37	37.54	42.45	43.49	5.30	31.09	52.76	4.60	17.56	1.41	141.71	59.35	20.38	0.24	17.35	19.15
UEL 161	5.33	27.29	18.09	5.38	1.76	33.91	37.91	8.13	7.23	1.67	324.94	27.07	19.73	0.32	8.14	25.37
UEL 163	6.48	20.06	21.89	5.88	2.23	32.45	43.40	7.21	10.03	1.98	166.71	68.48	60.98	0.55	21.55	13.13
UEL 164	36.59	33.70	43.20	37.19	4.56	28.81	46.00	4.79	17.40	2.08	91.41	47.61	44.51	0.35	30.30	13.65
UEL 165	12.11	27.56	26.39	12.81	3.39	31.75	46.34	5.89	12.98	1.49	298.18	46.96	27.07	0.41	16.89	14.54
UEL 166	14.64	28.74	29.90	14.44	2.60	32.58	40.45	5.59	14.73	2.14	296.41	60.00	45.65	0.30	14.51	18.37

UEL 170	16.61	27.73	31.41	15.94	3.31	32.05	35.59	5.33	12.52	2.63	179.35	46.47	54.29	0.26	8.48	20.53
UEL 171	8.09	22.06	25.85	7.31	2.94	31.85	36.46	4.69	14.08	1.07	352.29	85.76	29.67	0.30	23.37	15.41
UEL 172	3.61	16.41	18.44	3.59	1.23	40.90	95.93	8.45	9.58	1.89	290.82	32.77	19.57	0.23	30.08	36.91
UEL 173	6.73	22.55	22.90	6.75	1.59	42.24	75.83	5.96	19.73	2.70	207.00	96.52	85.92	0.50	27.12	12.01
UEL 175	12.66	11.64	11.95	1.06	1.04	35.94	37.11	9.58	9.72	1.48	293.47	74.84	14.35	0.43	21.44	22.15
UEL 176	29.36	44.29	38.61	34.06	4.81	32.76	43.78	5.11	12.05	4.54	106.41	60.65	15.00	0.30	39.73	17.08
UEL 209	15.59	37.64	25.45	21.88	3.18	31.63	36.34	5.13	13.24	2.16	144.35	67.83	127.50	0.43	22.12	11.90
UEL 210	16.88	39.81	26.60	20.63	3.38	34.03	39.28	5.55	16.78	2.57	201.41	18.10	19.08	0.26	40.76	21.40
UEL 211	34.30	36.45	40.55	38.13	5.73	34.69	42.71	4.71	13.00	1.97	109.94	47.61	126.03	0.47	29.28	10.12
UEL 212	38.81	34.81	43.38	39.13	5.65	33.63	39.59	5.43	9.42	1.44	323.47	56.74	37.66	0.44	23.48	12.24
UEL 213	24.88	44.00	30.06	25.38	4.24	47.15	90.28	5.93	13.87	1.91	126.41	126.90	12.07	0.24	17.69	24.67
UEL 214	17.90	39.73	26.73	18.44	3.88	30.99	36.86	5.50	17.18	1.78	309.35	40.11	32.28	0.50	61.67	11.05
UEL 215	10.94	26.13	26.51	10.94	2.85	31.19	51.83	6.25	8.95	1.70	432.88	63.10	58.70	0.43	26.21	14.46
UEL 216	140.74	48.95	73.95	138.75	4.48	35.78	54.04	3.95	9.56	1.47	215.53	43.21	8.15	0.64	27.35	6.20
UEL 217	12.66	26.58	28.29	11.75	3.10	31.89	46.33	5.70	17.52	1.40	264.65	52.01	12.39	0.63	13.94	9.04
UEL 218	77.75	42.38	56.64	83.13	7.21	33.54	47.01	3.96	8.89	3.15	88.18	39.78	36.52	0.34	44.62	11.67
UEL 219	10.77	26.58	26.10	13.14	3.10	31.96	43.49	6.36	14.78	0.85	327.00	50.05	39.62	0.40	22.01	16.09
UEL 220	20.35	42.95	28.98	20.63	3.84	42.70	97.36	5.71	18.80	1.46	274.65	169.67	47.12	0.24	26.10	23.79
UEL 221	17.96	29.19	30.86	19.25	3.55	34.63	44.78	3.90	18.62	3.76	459.35	67.99	104.84	0.38	45.64	10.37
UEL 222	15.43	35.03	28.88	15.94	3.66	32.93	42.14	6.29	10.82	1.62	352.00	82.50	103.04	0.32	18.71	19.83
UEL 223	25.04	51.91	29.19	29.69	4.43	33.10	42.46	6.18	16.65	2.71	168.18	44.84	55.60	0.50	18.83	12.44
UEL 224	42.85	45.28	41.89	46.88	5.13	33.10	43.28	6.49	9.97	1.99	249.35	45.98	63.26	0.30	11.44	21.90
UEL 226	26.86	42.03	38.26	28.44	3.90	33.66	40.20	6.75	12.78	1.70	317.88	46.96	53.32	0.51	21.67	13.26
UEL 228	11.33	31.10	25.08	11.00	3.21	31.96	36.69	7.30	17.04	2.83	456.41	30.16	35.71	0.63	22.69	11.51
UEL 229	7.78	22.11	23.28	7.56	3.18	32.84	39.44	6.75	12.50	3.49	311.41	48.42	28.53	0.69	39.73	9.71
UEL 230	7.18	24.48	22.03	6.50	2.81	31.78	35.81	7.34	19.63	3.47	301.41	34.08	41.90	0.25	47.12	28.82
UEL 231	14.68	40.04	26.79	13.69	3.04	32.96	52.05	5.25	14.72	1.65	269.94	45.16	61.79	0.36	28.26	14.57
UEL 233	26.28	39.63	36.34	32.81	4.09	33.99	37.50	5.53	9.61	1.13	84.06	29.18	46.96	0.47	55.76	11.70
UEL 234	7.92	23.03	50.79	6.56	2.50	31.99	51.51	5.03	13.90	1.89	203.18	20.38	26.90	0.24	15.76	20.79

UEL 235	15.97	39.86	24.93	16.00	3.01	31.01	44.41	5.30	11.78	2.71	224.94	100.92	123.75	0.31	25.98	17.33
UEL 237	30.06	45.75	33.44	30.94	4.68	31.55	42.43	5.53	11.03	6.95	268.47	52.50	32.77	0.37	22.46	15.07
UEL 240	7.08	22.69	22.89	8.44	2.76	37.66	72.45	4.66	17.79	2.15	258.47	156.52	122.61	0.33	34.51	13.93
UEL 241	11.49	27.55	26.44	10.69	2.44	32.14	44.64	5.71	12.43	1.97	157.29	53.32	32.77	0.39	17.69	14.68
UEL 242	26.26	39.51	34.58	29.38	4.20	35.19	38.86	5.15	9.24	1.95	261.12	43.53	72.55	0.45	25.53	11.41
UEL 243	25.64	33.24	35.10	25.63	3.78	34.65	64.69	5.03	10.76	2.03	167.59	72.72	32.12	0.38	34.39	13.30
UEL 244	16.02	42.08	28.25	14.88	7.85	33.74	48.21	5.73	12.92	2.20	265.82	46.30	44.35	0.43	17.46	13.24
UEL 246	18.75	36.05	31.68	18.75	3.89	33.55	48.39	6.38	16.47	2.68	297.29	35.22	38.80	0.24	16.10	27.09
UEL 253	102.68	47.49	65.18	107.50	5.80	29.06	90.80	5.05	20.68	1.53	155.53	70.92	105.82	0.52	15.30	9.80
UEL 254	93.02	55.44	66.49	132.50	4.84	48.36	91.11	3.70	14.60	2.21	82.59	95.54	88.21	0.37	18.03	9.88
UEL 255	10.82	39.84	22.56	10.94	2.24	38.85	61.44	4.15	11.42	2.22	334.65	26.90	21.20	0.42	22.92	9.78
UEL 256	26.68	43.14	34.79	30.63	4.50	32.10	43.33	6.06	11.40	2.05	442.88	30.82	55.76	0.23	16.67	25.94
UEL 257	37.73	56.93	34.35	36.25	3.70	40.04	95.76	4.10	11.80	1.74	114.35	75.82	71.90	0.31	22.23	13.13
UEL 258	59.95	67.63	39.68	63.13	3.95	49.46	90.69	3.58	8.63	2.34	327.88	44.84	60.65	0.20	30.76	18.30
UEL 259	121.35	62.18	65.00	143.75	3.44	37.30	36.13	3.43	8.60	2.67	89.65	39.78	54.95	0.24	26.21	14.26
UEL 260	118.68	52.93	68.21	126.25	4.30	34.13	51.69	3.33	8.47	1.84	140.53	97.83	127.83	0.45	30.30	7.34
UEL 262	123.97	48.08	70.48	118.75	4.31	32.34	39.66	4.94	12.00	1.36	272.00	52.34	50.05	0.30	39.85	16.40
UEL 263	113.19	45.54	69.59	114.38	4.75	35.34	43.79	3.98	10.62	1.56	356.41	51.52	34.24	0.24	34.96	16.66
UEL 265	153.24	54.86	71.83	163.75	4.51	42.43	71.59	5.08	13.38	2.11	385.53	61.63	87.55	0.15	8.26	34.08
UEL 266	76.90	41.85	54.18	79.38	4.49	40.15	81.80	5.41	12.30	1.84	407.88	39.62	50.87	0.37	13.14	14.51
UEL 267	23.26	50.99	33.64	31.25	3.41	32.63	38.98	6.61	11.92	0.82	92.29	42.23	63.10	0.40	16.67	16.52
UEL 268	26.57	42.50	31.70	29.13	4.89	33.40	46.06	6.41	14.89	1.55	322.41	107.93	165.82	0.31	26.10	20.97
UEL 271	14.20	28.83	28.28	12.50	3.49	40.04	88.34	5.65	14.80	2.88	310.24	86.58	23.64	0.37	21.44	15.28
UEL 272	72.32	34.28	62.55	79.38	5.15	33.61	52.11	4.73	14.13	4.11	99.06	20.71	29.02	0.17	16.78	28.38
UEL 273	53.45	39.49	48.31	58.13	4.63	33.69	26.61	4.34	11.53	1.94	141.41	35.87	46.45	0.37	31.89	11.73
UEL 274	35.33	38.43	39.19	35.63	4.25	31.51	51.05	5.64	12.04	1.74	104.06	14.02	37.83	0.40	27.92	14.14
UEL 280	65.78	41.96	53.59	81.25	5.65	33.30	43.86	4.96	12.52	2.42	378.76	30.33	50.54	0.18	12.58	26.95
UEL 284	17.06	27.61	31.74	16.25	3.15	31.39	51.29	6.34	11.07	1.74	149.94	24.46	32.12	0.37	16.33	17.06
UEL 285	32.05	37.54	38.60	32.19	5.18	35.46	37.30	5.23	9.66	4.02	93.18	56.09	18.91	0.20	21.44	25.70

UEL 286	17.06	33.43	31.29	17.50	5.83	32.36	50.46	5.70	10.17	2.93	273.18	34.89	45.00	0.34	13.83	16.71
UEL 288	10.80	24.38	26.99	10.50	3.14	31.75	46.38	5.83	11.63	3.70	264.65	47.93	32.12	0.24	24.51	24.26
UEL 290	15.69	30.06	29.96	16.88	2.73	31.61	49.40	4.84	13.48	2.24	387.29	46.30	44.67	0.30	22.69	15.90
UEL 295	26.65	42.53	31.88	26.25	4.01	40.74	76.43	7.08	17.25	1.79	92.00	93.42	46.30	0.51	22.23	13.90
UEL 296	9.72	25.41	26.11	9.75	2.66	34.73	39.54	5.54	14.09	2.83	273.76	54.13	68.32	0.43	16.55	12.76
UEL 297	67.58	44.18	53.58	72.50	4.33	33.73	52.16	4.08	8.09	1.10	114.94	74.67	114.13	0.17	11.55	23.57
UEL 298	62.90	53.43	47.41	83.13	6.71	34.04	43.11	4.28	12.77	1.42	70.82	48.10	70.27	0.37	23.14	11.66
UEL 299	24.93	32.04	35.99	27.50	4.09	30.24	85.36	6.15	15.00	1.92	263.47	62.28	88.37	0.37	26.44	16.70
UEL 300	39.89	37.01	50.99	37.88	3.74	34.45	36.16	5.58	12.16	1.43	119.94	37.50	54.95	0.32	27.58	17.59
UEL 301	78.42	66.16	52.90	79.75	5.98	32.31	52.34	5.68	9.38	1.42	329.94	25.50	32.28	0.32	11.44	17.55
UEL 302	15.35	31.64	26.79	14.38	3.41	33.29	40.30	5.08	14.91	1.13	168.47	38.32	23.32	0.34	9.73	15.09
UEL 303	25.63	28.16	40.01	27.50	3.78	48.03	85.04	4.05	13.44	2.47	102.59	96.41	19.57	0.60	26.10	6.80
UEL 304	69.44	66.05	50.13	78.75	4.96	31.31	52.54	6.09	13.29	2.44	309.65	42.72	84.95	0.37	44.17	16.53
UEL 305	34.60	47.83	37.06	39.38	4.65	30.95	55.23	5.15	7.58	2.05	201.41	52.17	43.37	0.38	54.05	13.63
UEL 306	19.55	29.55	33.70	19.50	4.16	32.49	37.59	6.24	14.94	1.67	326.41	28.21	45.82	0.23	14.05	26.68
UEL 307	260.40	61.06	93.70	271.25	4.09	45.55	72.53	8.69	13.04	2.24	81.71	84.57	85.43	0.38	21.44	22.99
UEL 308	108.10	54.16	62.95	101.25	3.84	34.30	45.46	4.66	7.95	1.50	103.76	65.54	32.93	0.32	34.96	14.71
Minimum	3.61	11.64	11.95	1.06	1.04	28.81	26.61	3.33	7.22	0.82	70.82	14.02	8.15	0.12	8.14	6.20
Median	20.25	36.73	33.13	21.25	3.72	33.35	44.86	5.53	12.52	1.97	259.79	48.02	47.04	0.37	22.69	14.99
Mean	35.89	36.82	37.16	38.22	3.79	34.41	50.98	5.56	13.05	2.26	231.37	54.88	56.47	0.37	24.50	16.96
Maximum	260.40	67.63	93.70	271.25	7.85	49.46	97.36	9.58	23.15	7.27	459.35	169.67	165.82	0.88	61.67	50.70
SD	40.00	11.72	15.04	42.76	1.24	4.11	16.67	1.13	3.39	1.11	101.86	26.69	32.92	0.13	10.89	7.39
CV	111.43	31.84	40.47	111.90	32.56	11.96	32.71	20.31	25.95	49.11	44.02	48.63	58.30	35.72	44.44	43.59

TPC: total phenolic compounds content (mg 100 g⁻¹); TFC: total flavonoid content (mg 100 g⁻¹); DPPH: antioxidant activity by DPPH assay (μmol 100 g⁻¹); Betacarotene content (mg kg⁻¹); Lycopene content (mg kg⁻¹); TA: titratable acidity (% citric acid); VitC: vitamin C (mg 100 g⁻¹); Mass (g); Volume (cm³); SS: soluble solids content (°Brix); Ratio=SS/AT; PT: pericarp thickness (mm); Length (mm), Width (mm); SD: Standard deviation; CV: coefficient of variation (%).

Artigo 2: Minitomates com diferentes características físicas e bioquímicas são aceitos pelos consumidores?

RESUMO

Visando a seleção de genitores para um programa de melhoramento genético de tomateiros com foco na aceitação e preferência dos consumidores, cinco genótipos de minitomates foram caracterizados com base em atributos físicos, bioquímicos e sensoriais, em que quatro deles eram cultivares (BRS Iracema, BRS Zamir, Iraí, Sweet Heaven) e um *landrace* (UEL 238). Os frutos foram caracterizados quanto às suas dimensões, cor, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez, vitamina C, carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante. Na aceitação sensorial foram avaliados o formato, tamanho, cor, aroma, sabor e textura e aceitação global dos frutos, com a participação de 109 avaliadores que incluíram 27 chefs. A cultivar Sweet Heaven, fruto vermelho e oblongo, reuniu as principais características físicas desejáveis ao consumidor como maior: massa, espessura do pericarpo, firmeza, teor de sólidos solúveis, enquanto a cultivar BRS Zamir foi superior para as características bioquímicas como maior nível de compostos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante. Apesar da menor apreciação da *landrace* UEL 238, todos os genótipos foram aceitos sensorialmente, e as cultivares BRS Iracema (fruto vermelho redondo) e Iraí (fruto amarelo e oblongo) foram preferidos entre entre os consumidores. Assim, as cultivares caracterizadas podem ser exploradas em programas de melhoramento genético de minitomates com base na preferência de consumidores e do setor gastronômico, aliando atributos desejáveis relacionados à aparência dos frutos e enriquecimento de fatores nutricionais. Além disso, esse estudo contribui na consolidação das estratégias de pós-melhoramento das principais empresas de sementes de minitomates que atuam no Brasil e em outros países.

Keywords: *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* L., physico-chemical traits; tomato pre-breeding; sensory analysis.

1. Introdução

O tomate é considerado uma das hortaliças de maior importância econômica, com produção mundial de 170 milhões de toneladas em 2017 e movimentação US\$ 9.3 bilhões de dólares em importação e US\$ 9.0 bilhões de dólares em exportação (FAO, 2017). O fruto destaca-se pelo alto valor nutricional e versatilidade no uso culinário, comumente consumido fresco ou processado em molhos, ketchup, entre outros produtos (Ray, El Sheikha, Panda, & Montet, 2011).

O fruto do tomateiro é reconhecidamente um alimento funcional pela presença de compostos bioativos que contribuem para a promoção e manutenção da saúde humana (Salehi et al., 2019). Essas substâncias são capazes de capturar radicais livres no organismo, os quais são responsáveis pelo estresse oxidativo celular, resultando na prevenção e mitigação dos sintomas de diversas doenças como alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares e envelhecimento precoce (Martí et al. 2016; Ray et al. 2011). Dentre esses compostos, destacam-se vitaminas, polifenóis e carotenoides como betacaroteno e licopeno, responsáveis pela cor do fruto (Giovannucci et al., 2002; Martí et al., 2016; Salehi et al. 2019).

Os minitomates (*S. lycopersicum* var. *cerasiforme*) como *cherry* e *grape* vêm ganhando destaque entre os tomates para consumo *in natura* (FreshTrends, 2020). Esse grupo é caracterizado pelo sabor mais adocicado, tamanho reduzido e cores que variam do amarelo ao vermelho, apesar de existir frutos de outras cores ainda pouco explorados comercialmente (Rocha et al. 2013a).

Apesar da crescente demanda por minitomates no Brasil e no mundo, ainda são escassos estudos que comparam diferentes características dos minitomates, como base na aparência dos frutos, aumento dos fatores nutricionais e preferência dos consumidores. A disponibilidade de minitomates diferenciados e atrativos aos consumidores e ao setor gastronômico é de grande relevância para a expansão da cadeia de comercialização, além de resultar em maior rentabilidade financeira ao produtor (Beans, 2017; Bartoshuk & Klee, 2013; Kaushik et al., 2015).

Programas de melhoramento de tomates que envolvem a interação entre melhoristas, produtores e profissionais da gastronomia têm se tornado cada vez mais frequentes (Beans, 2017; Rocha et al., 2013a, 2013b) e auxiliam nas estratégias para o desenvolvimento de novas cultivares voltadas ao mercado consumidor (Freire, Abreu, Rocha, Corrêa, & Marques, 2013). Nesse contexto, a cor, aroma, sabor e firmeza dos minitomates são atributos determinantes para a compra e precisam ser considerados em estudos que envolvem frutos para consumo *in natura*, uma vez que essas hortaliças são usualmente usadas como aperitivo, lanche e composição de pratos quentes e frios (Rocha et al., 2013b; Abewoy, 2017).

Visando a seleção de genitores para um programa de melhoramento de minitomates com foco na qualidade física, bioquímica e sensorial, cinco genótipos foram caracterizados por meio de

descritores físicos e bioquímicos, e, posteriormente, submetidos à aceitação e preferência dos consumidores.

2. MATERIAL DE MÉTODOS

2.1. Amostras

Cinco genótipos foram selecionados para o estudo, consistindo em quatro cultivares (BRS Itacema, BRS Zamir, Iraí e Sweet Heaven) e uma *landrace* (UEL 238). O experimento foi realizado de setembro/2018 a janeiro/2019 e conduzido em vasos de 4 L em casa de vegetação, na área experimental da Universidade Estadual de Londrina (23°19'44" S, 51°12'11" W, altitude de 592 m). O delineamento em blocos completos foi adotado para o experimento, com três repetições e duas plantas por parcela.

2.2. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

2.2.1 Medidas fitométricas

Em dez frutos de cada genótipo foram mensurados: mass (g) using semi analytical balance (Prix Os 360 R2, Nowak), com precisão de 0,001 g; length (mm), diameter (mm) and pericarp thickness (mm), com o auxílio de paquímetro digital (EC799, Starrett®), com precisão de 0,02 mm; volume (cm³) pelo deslocamento de água destilada após imersão dos frutos, em proveta de 100±10 mL a 20°C (Nalgon). A partir do corte longitudinal removeu-se o conteúdo de tecido (gel) locular dos frutos e o volume (cm³) medido em proveta graduada de 10±1 mL (Nalgon). A relação do comprimento/diâmetro (C/D) foi calculada para indicar o formato dos frutos, como achatado (C/D < 1), redondo (C/D = 1) e oblongo (C/D > 1).

2.2.2 Cor

Em cinco frutos de cada genótipo foram medidos luminosidade (L*), Chroma (C*) e ângulo Hue (H*), por meio de um colorímetro (Minolta Co. Japão, modelo CR-13), utilizando D₆₅ como padrão de iluminante.

2.2.3 Firmeza

A firmeza de dez frutos de cada genótipo foi determinada em Newtons (N), pelos testes de punção e compressão, com auxílio de um texturômetro (Modelo TA.XT Plus, Stable Micro System, Reino Unido). Para o teste de punção, uma agulha (P/2N) foi aplicada na região equatorial do fruto, sem remoção do exocarpo, perfurando até 5 mm do fruto, enquanto para o teste de compressão foi utilizada uma *probe* plana de alumínio com 35 mm de diâmetro (P/35), aplicando-a na região equatorial do fruto até deformar 5 mm da superfície (Arazuri, Jarén, Arana, & Pérez de Ciriza,

2007). Em ambos os testes, as condições empregadas foram: *pre-test speed* 5 mm seg⁻¹, *test speed* 0,5 mm seg⁻¹, *post-test* de 10 mm seg⁻¹, *distance* 5 mm e *trigger force* 0,5 N.

2.3. CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA

2.3.1 Sólidos solúveis e acidez titulável

Em cinco frutos maduros de cada genótipo foram determinados os teores de sólidos solúveis por meio de refratômetro digital portátil, (Atago®, com valor corrigido para 25°C), expressando em °Brix. A acidez titulável foi quantificada por titulação com hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 N, de acordo com o método 942.15 da AOAC (2000).

2.3.2 Quantificação de vitamina C

A vitamina C foi quantificado de acordo com o método padrão da AOAC (AOAC, 1984) modificado por Benassi e Antunes (1988), usando cinco repetições e expresso como mg ácido ascórbico 100 g⁻¹.

2.3.3 Quantificação de carotenoides totais

A extração e a quantificação de carotenoides totais foram adaptadas de Adalid, Roselló, & Nuez (2010), com cinco repetições. A leitura em espectrofotômetro foi realizada em 450 nm usando betacaroteno (Sigma-Aldrich, St. Lois, Missouri, USA) como padrão da curva analítica (r=0,9991), e os resultados expressos em mg equivalentes de betacaroteno em 100 g⁻¹.

2.3.4 Teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante

O extrato para a quantificação de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante foi preparado a partir da suspensão de 1.00 g de amostra fresca em 10,0 mL de etanol 70% (v/v), adaptado de Vázquez et al. (2008), usando cinco repetições. A quantificação de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com Swain and Hillis (1959), usando ácido gálico como padrão analítico, variando de 10 a 100 mg L⁻¹ (r=0,9960), e expresso como mg equivalentes de ácido gálico 100 g⁻¹.

A quantificação de flavonoides totais foi baseada em Gurnani, Gupta, Mehta and Mehta (2016), em que a quercetina foi usada como padrão analítico, variando de 50 a 500 mg L⁻¹ (r=0,9942), e expresso como mg equivalentes de quercetina 100 g⁻¹.

A atividade antioxidante pelo ensaio de sequestro do radical DPPH (*2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl*) foi quantificada de acordo com Brand-Williams, Cuvelier, & Berset (1995). TROLOX (*6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid*) foi usado como padrão analítico, variando

de 0,20 a 1,00 mmol L⁻¹ ($r=0,9992$). O ensaio de ABTS [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] foi realizado conforme Re et al. (1999) e o procedimento para o ensaio de FRAP (*Ferric reducing ability of plasma*) foi baseado em Benzie & Strain (1999), e os resultados expressos em μmol de capacidade antioxidante equivalente ao trolox 100 g⁻¹.

2.4 ACEITAÇÃO SENSORIAL E INTENÇÃO DE COMPRA

O teste de aceitação foi aplicado em uma única sessão para 109 avaliadores não treinados, composto por 82 consumidores e 27 profissionais de gastronomia, realizado no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciência e de Tecnologia de Alimentos da UEL, no Laboratório de Gastronomia do Centro Universitário Filadélfia, Escola Menu Gastronomia e em alguns restaurantes da cidade de Londrina. O projeto foi aprovado no comitê de ética de pesquisa envolvendo seres humanos da instituição sob o número CAAE 96937518.4.0000.5231.

O delineamento aplicado foi em blocos completos ao acaso, considerando os minitomates como tratamentos ($n=5$) e os avaliadores como bloco ($n=109$). No teste de aceitação cada avaliador recebeu uma amostra contendo um fruto inteiro e uma metade em prato descartável, codificado com três dígitos aleatórios, juntamente com guardanapo de papel e um copo contendo água potável.

Tamanho, formato, cor, aroma, sabor, textura, aceitação global foram avaliados por meio da escala hedônica híbrida de 10 cm, ancorada no centro e nas extremidades proposta por Villanueva, Petenate e Silva (2005), e a intenção de compra por uma escala estruturada de 5 pontos. Os avaliadores também responderam a um questionário para descrição do seu perfil, que incluíram perguntas sobre gênero, idade, escolaridade, ocupação e frequência de consumo de tomate.

2.5 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados foram analisados por meio do programa estatístico R (<http://www.r-project.org>), em que a caracterização física, bioquímica e sensorial foram submetidos ao Teste F ($P<0,05$), por meio da análise de variância, uma vez atendido os pressupostos de homocedasticidade e normalidade, seguido do teste de Tukey ($P<0,05$) para comparação das médias, pelo pacote ExpDes.pt (Ferreira, Cavalcanti, & Nogueira, 2018). Os dados também foram submetidos à análise de componentes principais (Husson, Josse, & Le, 2016) e de agrupamento hierárquico utilizando a distância euclidiana e o método de Ward, com visualização em mapa de calor (Kolde, 2018) por meio da normalização dos dados. O mapa de preferência interno foi plotado com o software Senstools® (versão 2.3.28) com base nas notas do teste de aceitação de cada avaliador.

3. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Apesar de ser uma característica evidente, a relação comprimento e diâmetro permitiu a classificação dos genótipos BRS Zamir, Sweet Heaven e Iraí como oblongos, e os genótipos BRS Iracema e UEL 238 como redondos. BRS Iracema, BRS Zamir e Iraí apresentaram os menores valores para volume do fruto, massa, espessura do pericarpo e volume de gel locular, enquanto Sweet Heaven e UEL 238 apresentarem os maiores níveis para os mesmo atributos (Tabela 1).

A menor luminosidade do exocarpo foi observada para o UEL 238, comprovando que este fruto é relativamente mais escuro. O ângulo Hue do Iraí foi próximo de 90°, característico da cor amarelo puro, enquanto dos genótipos BRS Iracema, BRS Zamir e Sweet Heaven tiveram os menores valores deste atributo, característico da cor vermelha-alaranjada, e UEL 238, o qual visivelmente tem a cor marrom-arroxeadada. Os maiores níveis de Cromo foram observados para os genótipos BRS Iracema, BRS Zamir e Iraí, seguido do Sweet Heaven.

As forças de resistência dos genótipos à punção (Figura 1A) variou de 0,64 a 1,39 N, e de compressão (Figura 1B) variou de 7,21 a 26,03 N, em que o genótipo Iraí é o mais firme, seguido do Sweet Heaven e BRS Iracema. No ensaio de punção, o pico observado indica a força máxima de resistência do exocarpo (casca), resultando no seu rompimento e penetração no mesocarpo (polpa), em que resistência desse tecido é representada pela curva pós-pico. No ensaio de punção, os genótipos foram divididos em 4 grupos quanto à firmeza decrescente do exocarpo: Iraí > Sweet Heaven e BRS Iracema > UEL 238 > BRS Zamir. Por outro lado, o ensaio de compressão resultou em três grupos: Iraí e Sweet Heaven > BRS Zamir e BRS Iracema > UEL 238. Os genótipos Iraí e Sweet Heaven têm os mesocarpos mais resistentes, enquanto UEL 238 e BRS Iracema os menos resistentes.

Avaliando o perfil dos texturogramas de punção, nota-se que o Iraí tem uma curva ascendente quanto à resistência do mesocarpo, uma vez que a força de resistência aumenta em função do tempo, sugerindo que sua composição anatômica é diferente dos demais. Em menor intensidade, esse mesmo fato é observado para BRS Zamir e Sweet Heaven, enquanto as resistências do BRS Iracema e UEL 238 se mantiveram constantes até a perfurar o fruto em 5 mm de profundidade.

O ensaio de compressão está associado à contribuição conjunta dos tecidos que compõem o pericarpo: exocarpo, mesocarpo e endocarpo, e permitiu separar os genótipos em três grupos: o primeiro grupo é formado pelo frutos mais firmes: Iraí e Sweet Heaven, seguido do BRS Zamir e BRS Iracema que compuseram frutos com firmeza intermediária, e o menos firme: genótipo UEL 238. Além disso, este último genótipo é também sensível à fissura do exocarpo, conforme observado na curva após o pico entre 8 e 10 segundos, característica essa indesejável para a

comercialização de tomates, pela depreciação da aparência do fruto e maior suscetibilidade à patologias pós-colheitas.

3.2. CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA

Os genótipos que tiveram os maiores níveis de *Ratio* foram BRS Zamir (29,37) e Sweet Heaven (25,63), enquanto o genótipo UEL 238 teve o menor teor de sólidos solúveis e fruto mais ácido (Tabela 1). O maior e menor teor de vitamina C foi observado para os genótipos Iraí (43,79 mg 100 g⁻¹) e BRS Zamir (20,65 mg 100 g⁻¹), respectivamente. Para carotenoides totais, BRS Zamir, Iraí e Sweet Heaven apresentaram os menores teores, enquanto UEL 238 destacou-se pela maior concentração.

O genótipo BRS Zamir teve os maiores teores de compostos fenólicos e de flavonoides totais, além da maior atividade antioxidante pelos três ensaios (DPPH, ABTS e FRAP), Iraí teve maiores atividades antioxidantes pelos ensaios com mecanismo de captura de radicais livres (DPPH e ABTS), e o Sweet Heaven teve os menores níveis para TPC, TFC e atividade antioxidante.

3.3. ANÁLISE SENSORIAL

Todos os genótipos avaliados foram aceitos pelos consumidores apresentando nota média superior a 5, incluindo o UEL 238 que não é uma cultivar como os demais (Tabela 2), ainda que esse genótipo tenha sido o menos apreciado. O mapa de preferência interno para aceitação global indica que 51 e 41 consumidores preferiram os genótipos BRS Iracema e Iraí, respectivamente (Figura 2). Nota-se que as cultivares estão localizados no hemisfério esquerdo (quadrantes I e IV) do gráfico, separados do UEL 238 que é única *landrace* do estudo, enquanto todos os tomates vermelhos foram agrupados no primeiro quadrante. Os mapas de preferência interno referente aos demais atributos sensoriais podem ser observados na Figura S1 do Material suplementar.

A Figura 3 mostra o perfil dos avaliadores, em que um quarto dos avaliadores são chefs, seis em cada dez são mulheres e 75% têm até 35 anos, e a maioria deles consomem tomate semanalmente. Os avaliadores afirmaram que certamente comprariam os tomates oferecidos, apesar do UEL 238 ter sido apreciado por menos de 10% dos avaliadores e, aproximadamente, 30% deles relataram que certamente não comprariam esse genótipo.

3.4. ANÁLISE MULTIVARIADA

Pela análise de componentes principais e visualização do mapa de calor (Figura 4) foi observada a formação de três grupos: o primeiro formado pelo UEL 238, o segundo pelo BRS Zamir e terceiro pelos demais genótipos. Nota-se que os maiores níveis de volume do tecido

locular, carotenoides totais, diâmetro, acidez e massa caracterizam o UEL 238, além das menores notas médias para aroma, sabor, textura e aceitação global.

Os maiores níveis de *Ratio*, teor fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante caracterizaram o genótipo BRS Zamir, e o grupo formado por BRS Iracema, Sweet Heaven e Iraí apresentaram níveis intermediários para a maioria dos atributos, destacando-se os níveis superiores de espessura do pericarpo e massa para o Sweet Heaven, e vitamina C, ângulo Hue e teor de sólidos solúveis para o Iraí. Além disso, o distanciamento do UEL 238 dos outros genótipos que são cultivares é notório na ACP, no agrupamento do mapa de calor e no mapa de preferência.

4. DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

A classificação dos genótipos quanto ao formato contribui para estabelecer a categoria comercial dos minitomates, além de direcionar estratégias para o desenvolvimento de embalagens customizadas, e determinar a capacidade adequada das caixas para transporte e comercialização a granel. Maiores espessura do pericarpo, volume e massa do Sweet Heaven, combinado ao menor volume de tecido locular, destaca-o dos demais por reunir essas características desejáveis ao consumidor como frutos relativamente maiores e com mais polpa (maior pericarpo), além de ser um fruto vermelho, cor preferida entre os consumidores.

Ressalta-se que a cor é um dos principais atributos que orienta a escolha dos consumidores de tomates, pois auxilia na identificação da maturação, e maior atratividade na comercialização, a qual é potencializada pelo uso de embalagens transparentes, que permite maior visibilidade do produto (Adegbola et al., 2019). Frutos vermelhos como BRS Iracema, BRS Zamir e Sweet Heaven são particularmente interessantes pela relevância comercial, uma vez que é a cor preferida entre os consumidores (Oltman, Jervis, & Drake, 2014). Entretanto, frutos de outras cores têm ganhado cada vez mais espaço nas prateleiras de supermercados, e a disponibilização de novas cultivares com cores menos comuns permite atender o setor gastronômico, que é mais exigente em novidades.

A cor do genótipo UEL 238, provavelmente, se deve à uma mistura de pigmentos, o que justifica a cor marrom-arroxeadada. Valores baixos de Croma indicam frutos com superfície mais opaca, enquanto valores altos referem-se a frutos mais brilhantes (López Camelo & Gómez, 2004), que são mais atrativos aos consumidores. Assim, BRS Iracema, BRS Zamir e Iraí são os frutos com as cores mais brilhantes, enquanto Sweet Heaven, e UEL 238 são os mais opacos. Preczenhak et al. (2014) verificaram que os acessos de minitomates (2091-44, 0489-54 e IAC1622-64) do banco de germoplasma da Universidade Estadual do centro-oeste tiveram os maiores valores de cromas, com frutos de maior vivacidade, além dos acessos RVTC-07, IAC392-59, IAC1622-64, RVTC-24 e

RVTC-57, que apresentaram cor vermelha intensa, devido aos menores valores de Hue.

O ensaio de punção pode ser associado à mordida pelos dentes caninos, em que há rompimento do exocarpo seguido da penetração no mesocarpo. Por sua vez, o ensaio de compressão relaciona-se à ação dos dentes molares que pressionam o fruto na mordida, bem como, ao ato de apertar o fruto pelos consumidores (Lucas, Prinz, J. F. Agrawal, & Bruce, 2004; Mioche, Bourdiol, & Peyron, 2004).

Brashlyanova, Zsivánovits & Ganeva (2014) analisaram a firmeza de oito variedades de tomates sob diferentes temperaturas de armazenamento, em que duas delas eram cerejas (IZK Alya e a linhagem 1475), e obtiveram texturogramas similares ao do presente estudo. Para determinar a firmeza do pericarpo, os autores utilizaram uma sonda cônica com abertura de 45° penetração de 5 mm no fruto, e para a firmeza geral (compressão) do fruto foi aplicada uma sonda plana cilíndrica de 5 mm de diâmetro com deformação até o centro do fruto. Os autores constataram que os tomates cereja apresentaram menor variação de firmeza ao longo do armazenamento refrigerado, em comparação ao frutos de tamanho convencional.

Islam et al. (2019) utilizaram uma sonda plana de 3 mm de diâmetro para verificar a firmeza de 60 tomates cereja da cultivar Unicorn, a qual variou de 13,04 N para frutos maiores e 15,85 N para os menores, valores inferiores ao que foi observado para Iraí e Sweet Heaven.

Peixoto et al. (2018) analisaram sete linhagens e três híbridos de tomateiros com frutos de tamanho convencional para consumo *in natura*, e classificaram os frutos como macios (<10 N) e firmes (>10 N), em que 70% dos genótipos foram considerados firmes, entre eles a cultivar 'Kátia'. Nessa classificação, somente o genótipo UEL 328 é considerado um fruto macio, além do exocarpo resistente e a polpa pouco firme que são indesejáveis para o consumo *in natura*, uma vez que a sua casca pode persistir na boca mesmo após a mastigação completa, e sua polpa pouco firme não apresenta textura agradável.

A firmeza do fruto é um fator importante para a sua boa qualidade e um dos critérios determinantes para a compra (Wann, 1996), e considerando que os genótipos Iraí e Sweet Heaven são os mais crocantes, seus frutos são potencialmente mais desejáveis pela maioria dos consumidores (Oltman et al., 2014).

4.2 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA

Os açúcares constituem aproximadamente 65% da sólidos solúveis presentes no tomate e são acumulados no final da fase de maturação (Gautier et al., 2008; Peixoto et al., 2018). Kader *et al.* (1978) propõe que o tomate apresenta um sabor palatalmente preferido quando o *ratio* for superior a 10. Assim, os genótipos BRS Zamir e Sweet Heaven são superiores para esse atributo,

seguido do Iraí, que apresentou maior teor de sólidos solúveis.

Os frutos do tomateiro são alimentos reconhecidamente ricos em compostos bioativos como Vitamina C, compostos fenólicos como os flavonoides e carotenoides como betacaroteno e licopeno e luteína (Adalid, Roselló, & Nuez, 2013; Kavitha et al., 2013). Assim, tomates com altos níveis desses compostos são atrativos por consumidores cada vez mais preocupados com a saúde, que buscam uma alimentação nutricionalmente equilibrada e que contenha alimentos funcionais (Bartoshuk & Klee, 2013; Story, Kopec, Schwartz, & Harris, 2010). Os genótipos Iraí, UEL 238 e BRS Zamir são interessantes pelos altos teores de Vitamina C e carotenoides totais, e teores de fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante, respectivamente.

O BRS Zamir é uma cultivar de tomateiro com frutos *grape* desenvolvida em 2013 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com o objetivo de aumentar o teor de licopeno (144 mg kg⁻¹) e de sólidos solúveis (11°Brix) (Embrapa, 2013; Maruyama et al., 2015).

4.3 ANÁLISE SENSORIAL

Não houve diferença entre os genótipos quanto às notas médias de aceitação para tamanho e formato, além de constatar a preferência dos avaliadores por frutos vermelhos, o que também foi verificado por Rocha et al. (2013a). A partir do mapa de preferência interno é possível inferir a preferência dos consumidores pelo BRS Iracema, que é um fruto vermelho e redondo, em relação ao Sweet Heaven, que é vermelho e oblongo. Dessa forma, presume-se que apesar da expansão dos tomates *grape* no mercado de hortaliças, frutos *cherry* são ainda muito apreciados. Além disso, BRS Iracema tem uma cor mais brilhante que o Sweet Heaven, o que pode justificar em parte a preferência dos consumidores.

Além da cor vermelha, a textura do BRS Zamir também contribuiu para a sua aceitação, ainda que não tenha sido suficiente para agrupá-lo entre os mais preferidos com relação à aceitação global. Apesar da pouca preferência pelo UEL 238, o genótipo se destacou pelo seu formato redondo e tamanho superior aos demais, justificando a existência compradores em potencial para esse tipo de tomate.

Apesar da pouca exploração da variabilidade de cores e formatos dos minitomates no mercado brasileiro de hortaliças, frutos que não são vermelhos também são interessantes para o mercado de hortaliças. A aceitação dos consumidores e chefs por tomates não vermelhos foi observado por Rocha et al. (2013b), em que os autores avaliaram nove genótipos de minitomates por meio da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ®), é a técnica que permite a descrição e a quantificação dos atributos sensoriais do produto e utilização avaliadores treinados.

Em pesquisa realizada nos Estados Unidos revelou que o tomate é a segunda hortaliça mais

consumida no país, e que pessoas acima dos 50 anos são as que mais consomem o fruto (FreshTrends, 2020). Ainda de acordo com a pesquisa, a preferência de consumo é na forma de salada e aperitivo por 67% e 13% dos entrevistados, respectivamente. Os minitomates representaram 21% da preferência dos consumidores, em que os tomates redondos (*cherry*) são duas vezes mais preferidos que os frutos oblongos (*grape*). No Brasil, esse tipo de pesquisa ainda são incipientes, se limitando a escassos estudos científicos, e pesquisas como essa auxilia na tomada de decisão dos agentes da cadeia de comercialização de hortaliças, uma vez que os minitomates é um segmento em crescente expansão mercadológica.

4.4. ANÁLISE MULTIVARIADA

O grupo formado pelos genótipos Iraí, BRS Iracema e Sweet Haven é especialmente interessante do ponto de vista agrônomo e sensorial, pois os três genótipos são bem diferentes um do outro, reunindo fruto oblongo amarelo, redondo vermelho e oblongo vermelho, respectivamente. Ressalta-se que nesse grupo estão contidos os dois genótipos mais preferidos, conforme observado no mapa de preferência com relação à aceitação global. As características relacionadas aos compostos bioativos e atividade antioxidante contribuíram para a separação do BRS Zamir e UEL 238 dos demais genótipos. Ressalta-se nesse estudo a importância de verificar a atividade antioxidante dos tomates por mais de um mecanismo de ação, para uma maior confiabilidade da potencial qualidade nutracêutica dos frutos, uma vez que o ensaio FRAP atua na redução do complexo ferroso e DPPH e ABTS envolvem a captura de radicais livres (Huang et al. 2005).

Características relacionadas aos fatores nutricionais das hortaliças ainda são recentes nos programas de melhoramento de hortaliças, que usualmente priorizam atributos relacionados a aspectos agrônômicos como aparência dos frutos, arquitetura da planta, além de tolerância ou resistência a estresses abióticos e bióticos. Assim, o desenvolvimento de novas cultivares que inclui o enriquecimento de fatores nutricionais em minitomates, permite atender às expectativas de consumidores mais exigentes em alimentos funcionais e de um mercado promissor com tendência de crescimento nos próximos anos.

5. CONCLUSÃO

A cultivar Sweet Heaven (fruto vermelho e oblongo) reuniu as principais características físicas desejáveis ao consumidor pela maior espessura do pericarpo, firmeza, teor de sólidos solúveis, além de baixa acidez, enquanto BRS Zamir (fruto vermelho e oblongo) reuniu as principais características bioquímicas, com destaque para a maior atividade antioxidante, que atendem aos consumidores mais exigentes por alimentos funcionais.

Com base na aceitação global, os consumidores preferiram os genótipos BRS Iracema (fruto vermelho e redondo) e Iraí (fruto amarelo oblongo), com menor aceitação pela *landrace* UEL 238 (fruto redondo e marrom-arroxeadado), resultando em uma intencionalidade de compra expressivamente menor desse genótipo

Esse estudo contribui para consolidar as estratégias de pós-melhoramento das principais empresas de sementes de minitomates que atuam no Brasil e em outros países, além de propor o desenvolvimento de novas cultivares com base na preferência dos consumidores, aliando atributos desejáveis relacionados à aparência dos frutos e enriquecimento de fatores nutricionais.

REFERÊNCIAS

- Adalid, A. M., Roselló, S., & Nuez, F. (2010). Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *Lycopersicon*) for content of lycopene, β -carotene and ascorbic acid. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), 613–618. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2010.03.001>
- Adalid, A. M., Roselló, S., & Nuez, F. (2013). Evaluation and selection of tomato accessions (*Solanum* section *Lycopersicon*) for content of lycopene, b-carotene and ascorbic acid. *J Food Compost Anal*, 613–618.
- Adegbola, Y. P., Ahoyo Adjovi, N. R., Adekambi, S. A., Zossou, R., Sonehekpon, E. S., Assogba Komlan, F., & Djossa, E. (2019). Consumer Preferences for Fresh Tomatoes in Benin using a Conjoint Analysis. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, 31(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/08974438.2018.1469448>
- AOAC. (1984). *Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC: AOAC International.
- AOAC. (2000). *Official methods of the Association of the Agricultural Chemists* (15th ed.). Washington.
- Arazuri, S., Jarén, C., Arana, J. I., & Pérez de Ciriza, J. J. (2007). Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food Engineering*, 80(1), 190–198. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.05.008>
- Bartoshuk, L. M., & Klee, H. J. (2013). Better fruits and vegetables through sensory analysis. *Current Biology*, 23(9), R374–R378. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.03.038>
- Beans, C. (2017). Science and Culture: Vegetable breeders turn to chefs for flavor boost. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(40), 10506–10508. <https://doi.org/10.1073/pnas.1714536114>
- Benassi, M. D. T., & Antunes, A. J. (1988). A comparison of methaphosphoric and oxalic acids as extractants solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 31(4), 507–513.
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1999). Ferric reducing (antioxidant) power as a measure of antioxidant capacity: the FRAP assay. *Methods Enzymol*, 299, 15–36.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.






- Brashlyanova, B., Zsivánovits, G., & Ganeva, D. (2014). Texture quality of tomatoes as affected by different storage temperatures and growth habit. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26(9), 750–756. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v26i9.17484>
- Clinton, S. K. (1998). Lycopene: Chemistry, Biology, and Implications for Human Health and Disease. *Nutrition Reviews*, 56(2), 35–51. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1998.tb01691.x>
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 3010–3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Embrapa. (2013). Tomate BRS Zamir. Retrieved January 7, 2020, from <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1262/tomate-brs-zamir>
- Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., & Nogueira, D. A. (2018). ExpDes.pt Package.
- Freire, J. M., Abreu, C. M. P. de, Rocha, D. A., Corrêa, A. D., & Marques, N. R. (2013). Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. *Ciência Rural*, 43(12), 2291–2295. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782013005000132>
- FreshTrends. (2020). Tomatoes. Retrieved May 20, 2020, from https://www.producemarketguide.com/sites/default/files/ft2020_tomatoes.pdf
- Gautier, H., Diakou-Verdin, V., Bénard, C., Reich, M., Buret, M., Bougard, F., ... Génard, M. (2008). How Does Tomato Quality (Sugar, Acid, and Nutritional Quality) Vary with Ripening Stage, Temperature, and Irradiance? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 1241–1250.
- Giovannucci, E., Rimm, E. B., Liu, Y., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (2002). A Prospective Study of Tomato Products, Lycopene, and Prostate Cancer Risk. *Journal of the National Cancer Institute*, 94, 391–398. <https://doi.org/10.1093/jnci/94.5.391>
- Gurnani, N., Gupta, M., Mehta, D., & Mehta, B. K. (2016). Chemical composition, total phenolic and flavonoid contents, and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of crude extracts from red chilli seeds (*Capsicum frutescens* L.). *Journal of Taibah University for Science*, 10(4), 462–470. <https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2015.06.011>
- Husson, F., Josse, J., & Le, S. (2016). RcmdrPlugin.FactoMineR Package.
- Islam, M. Z., Lee, Y.-T., Mele, M. A., Choi, I.-L., & Kang, H. (2019). Effect of fruit size on fruit quality, shelf life and microbial activity in cherry tomatoes. *AIMS Agriculture and Food*, 4(2), 340–348. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2019.2.340>
- Kader, A. A., Morris, L. L., Stevens, M. A., & Albright-HoltonON, M. (1978). Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of American Society for Horticulture Science*, 113(5), 742–745.
- Kaushik, P., Andújar, I., Vilanova, S., Plazas, M., Gramazio, P., Herraiz, F. J., ... Prohens, J. (2015). Breeding vegetables with increased content in bioactive phenolic acids. *Molecules*, 20(10), 18464–18481. <https://doi.org/10.3390/molecules201018464>
- Kavitha, P., Shivashankara, K., Rao, V. K., Sadashiva, A. T., Ravishankar, K. V., & Sathish, G. J. (2013). Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species. *Journal of Science and Food Agriculture*, 94, 993–999. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6359>

- Kolde, R. (2018). Pheatmap package.
- López Camelo, A. F., & Gómez, P. A. (2004). Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*, 22(3), 534–537. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362004000300006>
- Lucas, P. W., Prinz, J. F., Agrawal, K. R., & Bruce, I. C. (2004). Food texture and its effect on ingestion, mastication and swallowing. *Journal of Texture Studies*, 35, 159–170.
- Maruyama, S. A., Montanher, P. F., Bonafé, E. g., Santos-Junior, O. O., Souza, N. E., Visentainer, J. V., ... Matsushita, M. (2015). Evaluation of Lipophilic Antioxidant Capacity and Lycopene Content in Brazilian Tomatoes. *Revista Virtual de Química*, 7(4), 1163–1173. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150065>
- Mioche, L., Bourdiol, P., & Peyron, M. (2004). Influence of age on mastication : effects on eating behaviour. *Nutrition Research Reviews*, 17, 43–54. <https://doi.org/10.1079/NRR200375>
- Oltman, A. E., Jervis, S. M., & Drake, M. A. (2014). Consumer attitudes and preferences for fresh market tomatoes. *Journal of Food Science*, 79(10), S2091–S2097. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12638>
- Peixoto, J. V. M., Garci, L. G. C., Nascimento, A. R., Moraes, E. R., Ferreira, T. A. P., Fernandes, M. R., & Pereira, V. A. (2018). Post-harvest evaluation of tomato genotypes with dual purpose. *Food Science and Technology*, 38(2), 255–262.
- Preczenhak, A. P., Resende, J. T. V., Chagas, R. R., Silva, P. R., Schwarz, K., & Morales, R. G. (2014). Caracterização agrônômica de genótipos de minitomate. *Hortic. Bras.*, 33(2), 348–356.
- Purquerio, L. F. V., & Melo, P. C. T. de. (2011). Hortaliças pequenas e saborosas. *Horticultura Brasileira*, 29(1).
- Ray, R. C., El Sheikha, A. F., Panda, S. H., & Montet, D. (2011). Anti-oxidant properties and other functional attributes of tomato: An overview. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 1(2), 139–148.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. A. (1999). Antioxidant activity applying na improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.*, 26(9–10), 1231–1237.
- Rocha, M. C., Deliza, R., Corrêa, F. M., Carmo, M. G. F. d., & Abboud, A. C. S. (2013). A study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. *Food Research International*, 51(1), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.019>
- Rocha, M. de C., Deliza, R., Corrêa, F. M., Carmo, M. G. F. d., & Abboud, A. C. S. (2013). A study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. *Food Research International*. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.019>
- Rocha, Mariella C., Deliza, R., Ares, G., Freitas, D. D. G., Silva, A. L., Carmo, M. G., & Abboud, A. C. (2013). Identifying promising accessions of cherry tomato: A sensory strategy using consumers and chefs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(8), 1903–1914. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5988>
- Salehi, B., Sharifi-Rad, R., Sharopov, F., Namiesnik, J., Roointan, A., Kamle, M., ... Sharifi-Rad, J. (2019). Beneficial effects and potential risks of tomato consumption for human health: An overview. *Nutrition*, 62, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.01.012>
- Story, E. N., Kopec, R. E., Schwartz, S. J., & Harris, G. K. (2010). An Update on the Health Effects of Tomato Lycopene. *Annual Review of Food Science and Technology*, 1(1), 189–210. <https://doi.org/10.1146/annurev.food.102308.124120>

- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. - The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *10*, 63–68.
- Treichel, M., de Carvalho, C., Filter, C. F., & Beling, R. R. (2016). *Brazilian Tomato Yearbook*. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz.
- Vázquez, G., Fontenla, E., Santos, J., Freire, M. S., González-Álvarez, J., & Antorrena, G. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial Crops and Products*, *28*(3), 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.03.003>
- Villanueva, N. D. M., Petenate, A. J., & Silva, M. A. A. P. (2005). Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference*, *16*(8), 691–703.
- Wann, E. V. (1996). Physical Characteristics of Mature Green and Ripe Tomato Fruit Tissue of Normal and Firm Genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *121*(3), 380–383. <https://doi.org/10.21273/jashs.121.3.380>

Tabelas e Figuras

Tabela 1 – Médias das características físicas e bioquímicas dos minitomates.

Trait	Genotype					C.V. (%)
	BRS Iracema 	BRS Zamir 	Iraí 	Sweet Heaven 	UEL 238 	
Physical						
Length	21,03 b	27,80 a	25,65 a	28,56 a	21,47 b	7,50
Diameter	21,27 a	20,40 b	20,97 b	20,81 b	21,72 a	2,35
VF	3,67 b	4,00 b	4,00 b	5,33 a	5,00 a	20,69
Mas	3,82 b	3,92 b	3,99 b	5,12 a	4,90 a	14,51
PT	1,30 cd	0,83 d	1,87 bc	3,37 a	2,10 b	48,34
LTV	1,60 b	1,72 b	1,56 b	1,72 b	2,64 a	26,40
L*	36,00 a	35,17 a	37,77 a	37,13 a	30,60 b	5,49
h*	47,60 c	44,20 c	87,00 a	47,07 c	65,90 b	6,21
C*	32,73 a	31,93 a	31,27 a	25,67 b	12,67 c	8,17
Biochemical						
SS	6,50 ab	6,23 b	7,03 a	6,27 ab	5,90 b	4,64
TTA	0,37 ab	0,21 c	0,33 b	0,25 c	0,39 a	6,37
Ratio	17,43 cd	29,37 a	21,30 bc	25,63 ab	14,96 d	9,28
VITC	28,88 c	20,65 d	43,79 a	37,43 b	40,22 b	3,89
TC	15,86 b	6,42 c	4,78 c	4,57 c	28,57 a	7,46
TPC	54,34 c	94,40 a	76,47 b	54,34 c	60,22 c	7,17
TFC	64,70 b	109,85 a	65,30 b	64,70 b	65,30 b	10,11
DPPH	387,95 c	521,94 a	482,76 ab	308,02 d	409,11 bc	6,79
ABTS	152,21 b	264,31 a	197,05 ab	149,26 b	162,83 b	13,96
FRAP	251,27 b	282,60 a	222,64 b	201,03 c	208,59 c	12,98

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$); Length (mm); Diameter (mm); Volume do fruto (VF, cm^3); Massa (Mas, g); Densidade (g cm^{-3}); Pericarp Tick (PT, mm); Volume de Tecido Locular (LTV, cm^3); L* (Luminosidade); h* (°Hue); C* (Croma); Sólidos Solúveis Totais (SS, °Brix); Acidez Total Titulável (TTA, % citric acid); Ratio=SS/TTA; Vitamina C (VITC, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); Carotenoides totais (TC, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); Compostos Fenólicos Totais (TPC, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); Flavonoides Totais (TFC, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); Atividade antioxidante pelos métodos DPPH ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$), ABTS ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$) e FRAP ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$).

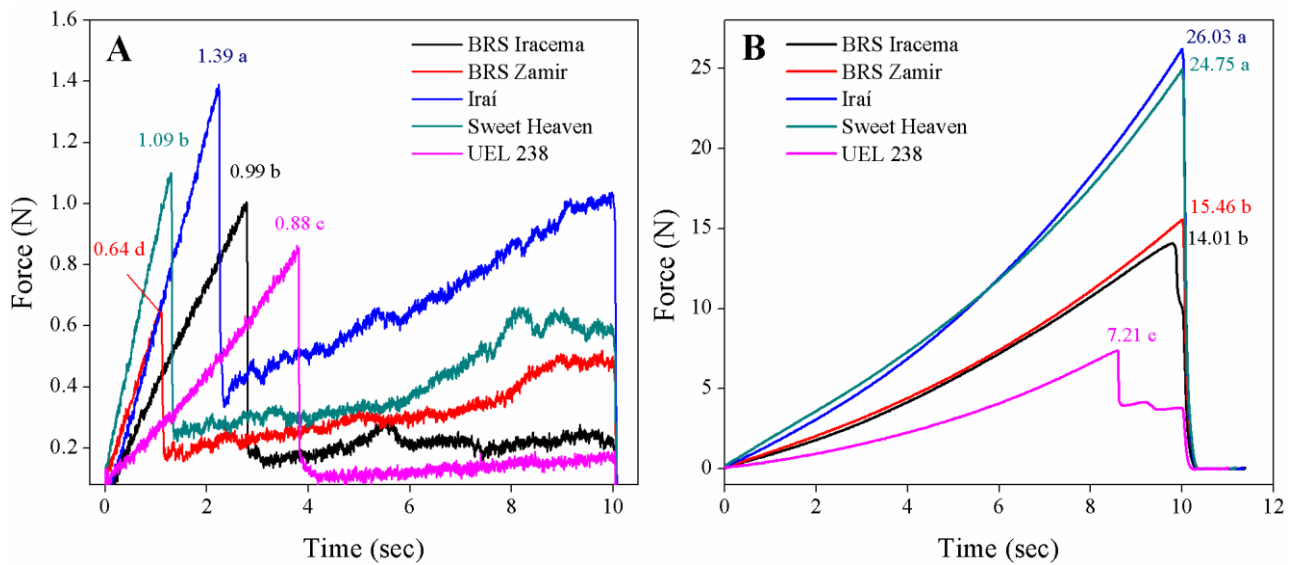


Figura 1 – Texturogramas dos minitomates pelos ensaios de punção (A) e de compressão (B). Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 2 – Médias das notas de aceitação dos avaliadores.

Trait	Genotype					CV%
	BRS Iracema	BRS Zamir	Iraí	Sweet Heaven	UEL 238	
Size	8,68 a	8,44 a	8,48 a	8,68 a	8,57 a	18,96
Shape	9,11 a	8,68 a	8,85 a	8,78 a	8,72 a	17,07
Color	9,10 a	9,05 a	8,32 b	9,05 a	6,71 c	20,87
Aroma	8,49 a	8,34 a	8,35 a	8,34 a	7,43 b	19,52
Taste	8,67 a	8,40 a	8,39 a	8,53 a	6,66 b	21,57
Texture	8,83 a	8,92 a	8,51 a	8,90 a	6,65 b	18,70
Overall liking	8,81 a	8,65 a	8,42 a	8,72 a	6,90 b	16,47

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

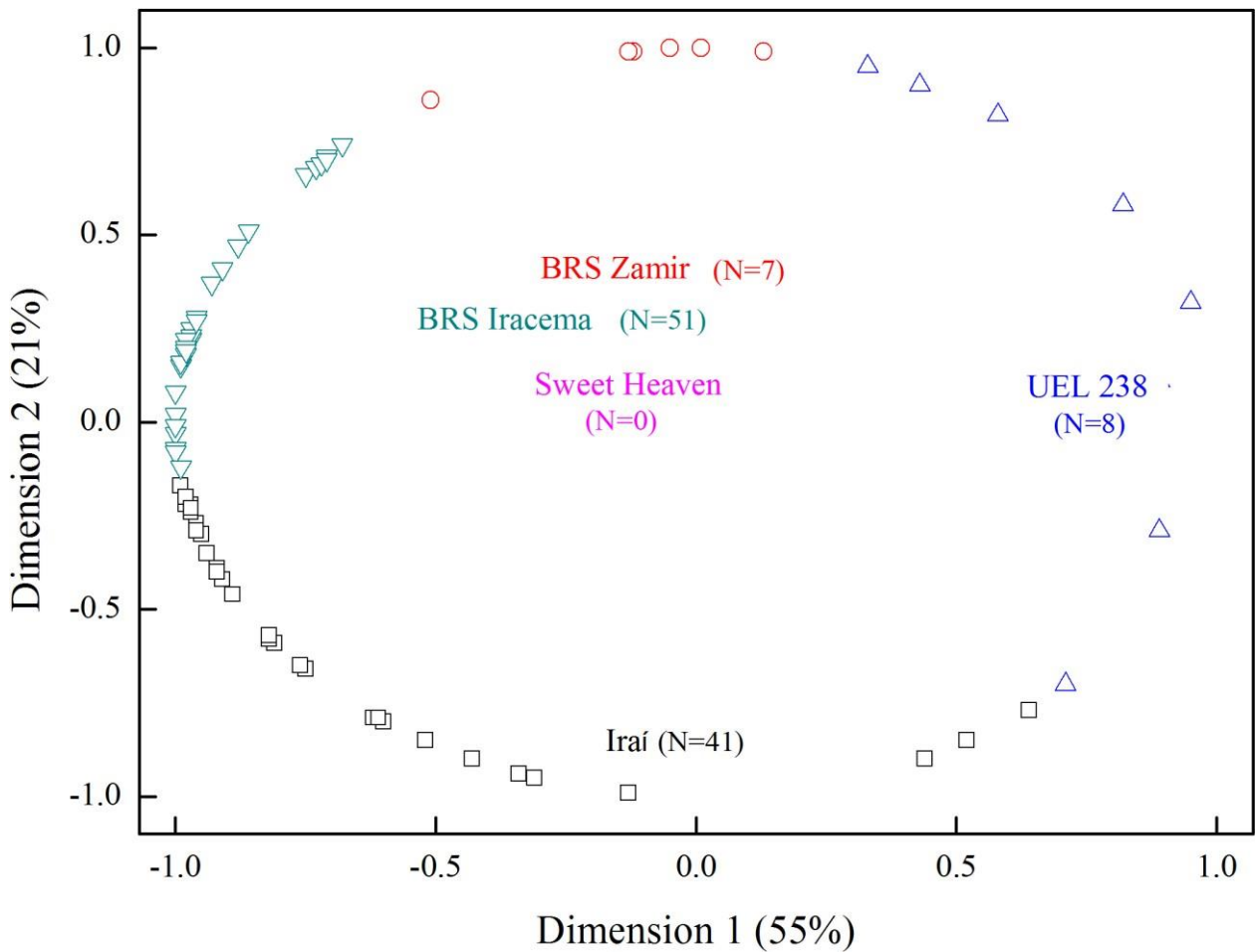


Figura 2 – Mapa de preferência interno gerado a partir das notas de aceitação global dos avaliadores.

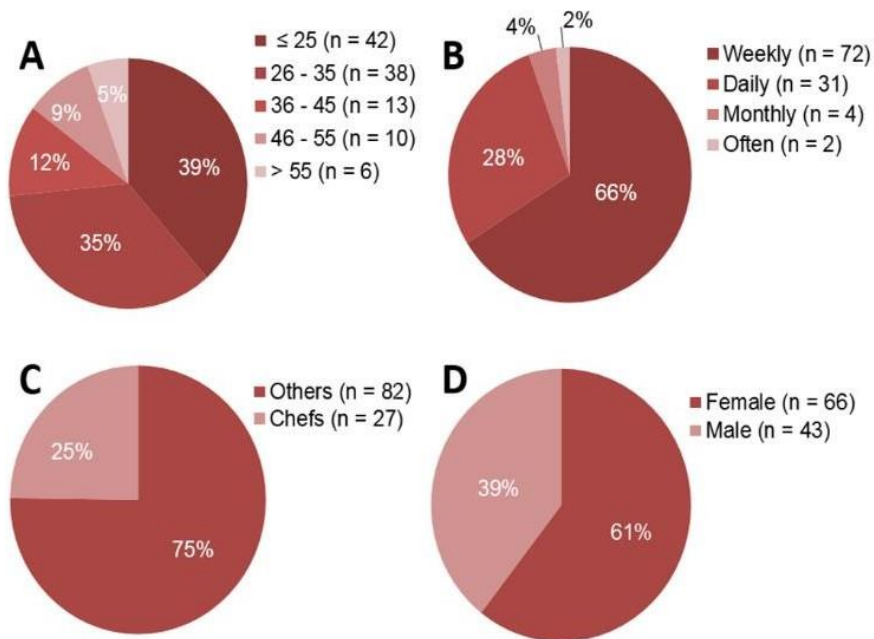


Figura 3 – Perfil dos avaliadores que participaram da análise sensorial: idade (A), frequência de consumo de tomate (B), ocupação (C) e sexo (D).

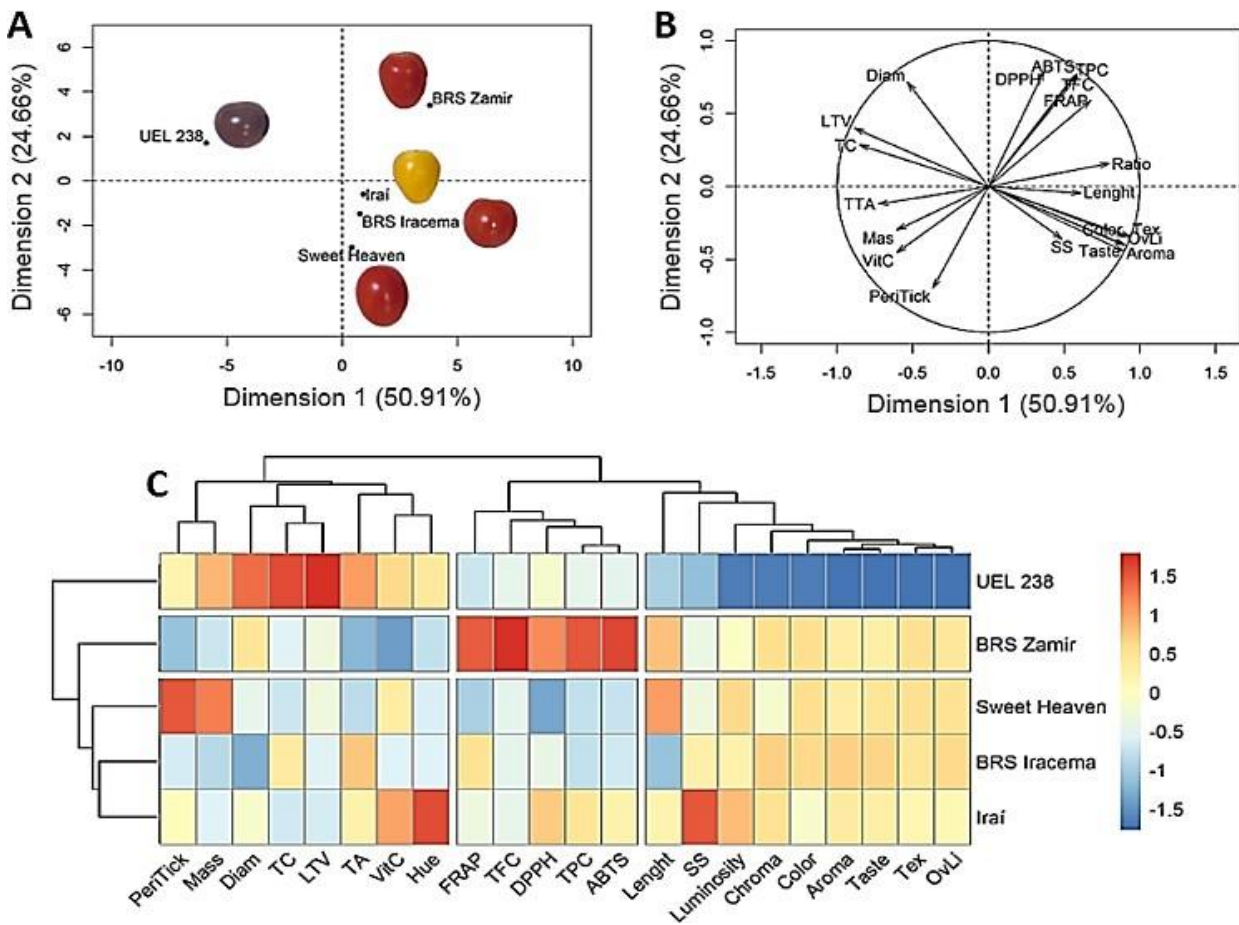


Figura 4 – Análise de componentes principais (A e B) e mapa de calor (C) relacionando os minitomates e as características avaliadas. A escala de cores à direita é resultante da normalização dos dados e a intensidade está relacionada às cores quentes e frias referente aos níveis superiores e inferiores à média padronizada, respectivamente.

Legenda: Comprimento (mm); Diâmetro (mm); Volume do Tecido Locular (LTV, cm^3); Massa (Mas, g); Espessura do Pericarpo (PeriTic, mm); Sólidos Solúveis Totais (SS, $^{\circ}\text{Brix}$); Acidez Total Titulável (TTA, % citric acid); Ratio (SS/TTA); Vitamina C (VIT C, mg de ácido ascórbico 100 g^{-1}); Carotenoides totais (TC, $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$); Compostos Fenólicos Totais (TPC, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); Flavonoides Totais (TFC, $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$); Atividade antioxidante pelos ensaios de: DPPH ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$), ABTS ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$) e FRAP ($\mu\text{mol } 100 \text{ g}^{-1}$); Cor (Color); Textura (Tex); Aroma; Sabor (Taste); Aceitação Global (OvLi).

MATERIAL SUPLEMENTAR

Figura S1 - Mapas de preferência interno gerado a partir das notas dos atributos sensoriais: tamanho (A), formato (B), Cor (C), aroma (D), sabor (E) e textura (F).

