

## CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA, BROMATOLÓGICA E ANÁLISE DA DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE TOMATE

### *MORPHOLOGICAL, BROMATOLOGICAL CHARACTERIZATION AND ANALYSIS OF THE GENETIC DIVERGENCE BETWEEN TOMATO ACCESSIONS*

<sup>1</sup>Israel Felipe Gonçalves Soares.

<sup>2</sup>Vinicius Alves Porto Rodrigues.

<sup>3\*</sup>João Carlos Cansian Junior.

<sup>4</sup>Rafael de Almeida.

<sup>5</sup>Ida Rúbia Machado Moulin.

<sup>6</sup>Felipe Cruz Paula.

<sup>7</sup>Raissa Olmo Lacerda Pirovani.

<sup>8</sup>Lazaro Renilton Emerick Silva.

<sup>9</sup>Adriano Azevedo Merson.

<sup>10</sup>Jaqueline Rodrigues Cindra de Lima Souza.

<sup>11</sup>Larissa de Carvalho Nascimento.

<sup>12</sup>José Dias de Souza Neto.

<sup>13</sup>Luciano Menini.

<sup>14</sup>Alexandre Cristiano Santos Júnior.

<sup>15</sup>Monique Moreira Moulin.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras. E-mail: filipeisraelgoncalves@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: viniciusbio1311@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: joaojc27@gmail.com

<sup>4</sup> Universidade Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: rafael.t.dealmeida@gmail.com

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. E-mail: idarubiammoulin@gmail.com

<sup>6</sup> Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. E-mail: felipe.cpaula64@gmail.com

<sup>7</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: raissaolmo@hotmail.com

<sup>8</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: Lazaroemerick2@outlook.com

<sup>9</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: adriano.azevedo@ifes.edu.br

<sup>10</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: jrsouza@ifes.edu.br

<sup>11</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: larissacn1@hotmail.com

<sup>12</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: jdassneto@gmail.com

<sup>13</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: lmenini@ifes.edu.br

<sup>14</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: acsjunior@ifes.edu.br

<sup>15</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre. E-mail: moniquemoulin@gmail.com

\*Autor de correspondência

**Resumo:** O tomate (*Solanum lycopersicum*) pertence à família Solanaceae, sendo a segunda hortaliça mais cultivada a nível mundial. O banco ativo de germoplasma é fundamental para a conservação de recursos genéticos, as caracterizações morfológicas e bromatológicas desse banco são importantes para determinar: a dissimilaridade genética da cultura, indicar genótipos com aspectos relevantes para o melhoramento de plantas, identificação de duplicatas e entre outras. Objetivou-se caracterizar morfológicamente e bromatologicamente 34 acessos de tomate do banco ativo de germoplasma do

IFES *Campus* de Alegre, e inferir a dissimilaridade genética entre eles. Foram selecionadas 20 variáveis morfoagronômicas, de acordo com os descritores internacionais, e 6 variáveis bromatológicas. No dendrograma de dissimilaridade genética utilizou-se o agrupamento de Ligação Média Entre Grupo (UPGMA) em combinação com o método de Tocher. Empregou-se o método de Singh para obter a contribuição dos caracteres. Os coeficientes de variação foram baixos e médios, o que está relacionado à confiabilidade dos dados obtidos. O diâmetro do fruto demonstrou maior herdabilidade e também a maior contribuição para a diversidade. O dendrograma de dissimilaridade genética foi constituído por nove grupos, onde os acessos dos grupos II e VI foram os mais recomendados para o consumo *in natura*, enquanto os acessos dos grupos VIII e IX foram os mais recomendados para o processamento, e os acessos do grupo V possuem dupla finalidade. As caracterizações foram primordiais para demonstrar a elevada variabilidade genética e também recomendar acessos com potenciais para atender diferentes nichos de mercado.

**Palavras-chave:** *Solanum lycopersicum*; banco ativo de germoplasma; recursos genéticos.

**Abstract:** Tomato (*Solanum lycopersicum*) belongs to the Solanaceae family, being the second most cultivated vegetable worldwide. The active germplasm bank is fundamental for the conservation of genetic resources, the morphological and bromatological characterizations of this bank are important to determine: the genetic dissimilarity of the crop, indicate genotypes with relevant aspects for plant breeding, identification of duplicates and among others. The objective was to morphologically and bromatologically characterize 34 tomato accessions from the active germplasm bank of IFES *Campus* de Alegre, and to infer the genetic dissimilarity between them. Twenty morphoagronomic variables were selected, according to international descriptors, and 6 bromatological variables. In the genetic dissimilarity dendrogram, the Intergroup Linkage Mean (UPGMA) clustering was used in combination with the Tocher method. Singh's method was used to obtain the character contribution. The coefficients of variation were low and medium, which is related to the reliability of the data obtained. The fruit diameter showed greater heritability and also the greatest contribution to diversity. The genetic dissimilarity dendrogram consisted of nine groups, where accessions from groups II and VI were the most recommended for fresh consumption, while accessions from groups VIII and IX were the most recommended for processing, and accessions from group V have dual purpose. The characterizations were essential to demonstrate the high genetic variability and also to recommend accessions with potential to serve different market niches.

**Keywords:** *Solanum lycopersicum*; active germplasm bank; genetic resources; agrobiodiversity.

## 1 INTRODUÇÃO

A família Solanaceae compreende mais de três mil espécies, incluindo culturas importantes como berinjela, batata e tomate (KNAPP; PERALTA, 2016). O tomate, *Solanum lycopersicum* L. (WARNOCK, 1991) é nativo da costa oeste da América do Sul, com centro de origem delimitado na Cordilheira dos Andes, e pode ser encontrado atualmente em diversos países (AWAR; KARAMI, 2016; FERNANDES *et al.*, 2018).

O tomate é a sétima cultura mais importante para o consumo humano e também a segunda hortaliça mais cultivada a nível mundial, a grande aceitação e distribuição da cultura pelos países, é explicada por sua excelente constituição nutricional e sua grande gama de derivados (*in natura*, molhos, sopas e concentrados em pó) (BERGOUGNOUX, 2014; GERSZBERG *et al.*, 2015; BHANDARI; SRIVASTAVA; REDDY, 2017). Apresentou uma produção mundial de 182 milhões de toneladas somente no ano de

2018 (FAO, 2020; WEINERT *et al.*, 2021).

O Brasil contribui com cerca de 4,3 milhões de toneladas anuais, os maiores produtores da federação são os estados de São Paulo com 1,1 milhão de toneladas, Goiás com 930 mil toneladas e Minas Gerais com 700 mil toneladas. O estado do Espírito Santo encontra-se na oitava colocação, com uma produção de 150 mil toneladas somente em 2017 (IBGE, 2017).

O tomate, assim como diversas outras culturas, vem sofrendo fortemente com a erosão genética por diversas razões como domesticação da cultura, expansão da agricultura convencional e perda de variedades locais (KULUS, 2018). Nesta perspectiva, ações de coleta, caracterização, multiplicação e conservação destas variedades, são importantes, para um entendimento mais apurado de variedades utilizadas por agricultores tradicionais, compreensão da importância à nível social e econômico, além de contribuir para a conservação da espécie. (MOULIN *et al.*, 2014).

A presença de um banco ativo de germoplasma (BAG) de tomate é indispensável para a conservação dos recursos genéticos da cultura, e a caracterização dos acessos deste banco são essenciais para o melhoramento genético através da seleção de características desejáveis (FERNANDES *et al.*, 2018). A caracterização bromatológica e morfoagronômica auxiliam na indicação de cultivares com aspectos interessantes comercialmente, atendendo necessidades de mercado (SCHWARZ *et al.*, 2013).

A avaliação de aspectos morfológicos e bromatológicos são relevantes para a determinação da dissimilaridade genética, contribuindo significativamente para o desenvolvimento de programas de melhoramento genético da espécie (COSTA *et al.*, 2018). Deste modo, o presente estudo teve o propósito de avaliar a diversidade genética a partir da caracterização morfoagronômica e bromatológica de 34 acessos de tomate do

banco ativo de germoplasma (BAG) do Ifes Campus de Alegre, provenientes do Sul do estado do Espírito Santo.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. CONDUÇÃO EXPERIMENTAL

O estudo foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) Campus de Alegre, no distrito de Rive, nas coordenadas 20° 45' 47''S e 41° 27' 25''O. A condução experimental foi realizada no setor de Olericultura, com a produção das mudas realizada em estufa automatizada por aspersão, tornando o ambiente de desenvolvimento das mudas o mais homogêneo possível. Após 30 dias, em que as mudas atingiram cerca de quatro folhas definitivas, foram transplantadas para o campo em solo preparado segundo as recomendações da EMBRAPA (DUSI *et al.*, 1993).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 34 tratamentos e quatro repetições provenientes do BAG do Ifes Campus de Alegre. O espaçamento foi de 1,0 m entre linhas e 0,5 m entre plantas. A forma de tutoramento adotada foi a de estacas (bambus) individuais na vertical com uso de fitilhos como amarras. Os tratos culturais seguiram os recomendados por FILGUEIRA (2005) para a cultura.

### 2.2. CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA

Ao concluir 90 dias, os 34 acessos foram caracterizados por descritores morfoagronômicos específicos para *Solanum lycopersicum* L. disponibilizado pelo *Biodiversity International* (IPGRI, 1996). Foram avaliados 11 caracteres de origem quantitativa, a saber: Altura da Planta (m) - (AP); Diâmetro da Copa (m) - (DC); Comprimento da Folha (mm) -

(CFO); Diâmetro da Folha (mm) - (DFO); Teor de Clorofila (TC); Comprimento do Fruto (mm) - (CFR); Diâmetro do Fruto (mm) - (DFR); Número de Sementes por Fruto (NSFR); Número de Lóculos por Fruto (NLFR); Diâmetro do Pedúnculo (mm) - (DP), Espessura do Pericarpo (mm) - (EP) e nove variáveis de origem qualitativa, sendo elas: Hábito de Crescimento da Planta (HCP); Forma da Folha (FF); Densidade das Folhas (DEF); Cor da Folha (CORF); Formato do Fruto (FFR); Cor do Fruto no Estádio Intermediário (CFREI); Cor do Fruto no Estádio Maduro (CFREM); Facilidade de Rompimento da Parede do Fruto (FRPFR); e Presença de tiras Verdes no Fruto (PTVFR) (IPGRI, 1996).

### 2.3. CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA

A caracterização bromatológica dos frutos ocorreu a partir dos 100 dias após o transplante, no Laboratório de Química Aplicada do IFES Campus de Alegre. Onde foram avaliadas 6 características quantitativas: o pH - realizado através da diluição de 1 mL do suco concentrado de tomate em 13 mL de água destilada; umidade (UM) - determinada por meio do método gravimétrico, em que houve a exposição das amostras a 105 °C por 24 horas no interior de uma estufa de secagem; teor de cinzas (C) - analisada com a utilização de 3g da polpa proveniente do fruto, em que posteriormente as amostras foram submetidas ao método gravimétrico, expostas a uma temperatura de 550 °C por 5 horas; sólidos solúveis totais (SST) - mensurado por refratometria, em que retirado uma alíquota de 1 ml do suco integral de tomate, demonstrando o valor em °Brix da amostra; acidez total titulável (ATT) - mensurada por meio da quantificação de Hidróxido de sódio (NaOH) na solução até atingir o pH 8,2; relação Sólidos Solúveis Totais/ Acidez

Total Titulável (SST/ATT) – obtido da divisão dos valores de sólidos solúveis totais pelos de acidez total titulável (VILAS BOAS *et al.*, 2008; BRASIL, 2008).

### 2.4. ANÁLISES DOS DADOS

A análise dos dados de origem quantitativa foi submetida ao teste de normalidade Lilliefors (LILLIEFORS, 1967), para averiguar se houve subestimação dos dados. Em seguida, foi realizada a análise de variância e o teste F utilizando-se 5% de probabilidade. Posteriormente, realizou-se a análise de multicolinearidade de modo a identificar quais variáveis estão correlacionadas, buscando descobrir o número de condição para assim constatar quais variáveis serão utilizadas na análise de existência de variabilidade entre os acessos. Para obtenção das médias, foi utilizado o teste de médias Scott Knott a 5%. Em seguida, se obteve a matriz de dissimilaridade dos dados quantitativos entre as cultivares pela distância generalizada de Mahalanobis (CRUZ, 2016).

Os dados de origem qualitativa foram avaliados pelo método de variáveis multicategóricas, convertidos em binários qualitativos com coeficiente de distância binária de Sokal (CRUZ, 2006). A partir das matrizes quantitativas e qualitativas, foi possível obter o dendrograma dos 34 acessos de tomate com agrupamento de Ligação Média Entre Grupo (UPGMA) unidos pelo método de Tocher. De posse da matriz de variância e covariância residual e da média dos genótipos, obteve-se a contribuição relativa dos caracteres para a diversidade com base no método de Singh (SINGH, 1981). Sendo todas as análises realizadas no programa GENES (CRUZ, 2016).

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância dos 34 acessos de tomate foi possível constatar

diferenças significativas nos caracteres quantitativos pelo teste F a 5% de probabilidade, o que por sua vez reflete em divergências e variabilidade genéticas nos acessos utilizados (Tabela 1).

Segundo GOMES (1985), coeficientes de variação com valores menores de 10% são considerados baixos; entre 10 a 20% médios; de 20 a 30% altos; e maiores de 30% muito altos. Desta forma, as características CFR, DRF, UM, SST e pH apresentaram valores baixos, enquanto AP, TC, NSFR, NLFR, DP, EP, ATT, C e SST/ATT valores médios. Devido aos caracteres não possuírem valores altos e/ou muito altos de CVs, são indicativos de uma melhor confiabilidade dos dados e precisão experimental. FERNANDES *et al.* (2018) em caracterização morfológica de 37

variedades de tomate, obtiveram nas características NLFR (23,5%) e AP (26,1%) CVs altos se comparado aos das mesmas características do presente estudo.

Na herdabilidade (H) que representa a proporção herdável da variabilidade total, as características NSFR, NLFR, DP, EP, ATT, C, SST/ATT, CFR, DRF, UM, SST e pH representaram os maiores valores, proporcionando maiores ganhos por seleção nos caracteres se associados a uma maior diversidade genética (BERNINI *et al.*, 2021). As características CFR (95,17%) e DFR (96,33%) apresentaram os mais altos índices de herdabilidade, o que representa uma boa resposta destas características a programas de melhoramento que se atentem ao tamanho dos frutos de tomate.

Tabela 1: Análise de variância e contribuição dos caracteres de 14 variáveis quantitativas de *Solanum lycopersicum* L. do IFES Campus de Alegre.

Variáveis	QM	MGeral	CV%	H	CC%
Altura da Planta (cm) – (AP)	0,30*	1,68	18,06	69,66	2,27
Teor de Clorofila – (TC)	36,75*	46,58	12,37	9,67	0,64
Comprimento do Fruto (mm) – (CFR)	158,01*	53,41	5,17	95,17	12,25
Diâmetro do Fruto (mm) – (DFR)	504,27*	60,03	7,16	96,33	21,97
Número de Sementes por Fruto (unidade) – (NSFR)	9704,23*	172,13	17,85	90,28	6,20
Número de Lóbulos por Fruto (unidade) – (NLFR)	2,69*	3,51	18,75	83,82	1,94
Diâmetro do Pedúnculo (mm) – (DP)	2,91*	3,78	11,42	93,61	7,83
Espessura do Pericarpo (mm) – (EP)	7,82*	6,11	11,44	93,76	9,96
Umidade (%) – (UM)	7,55*	93,97	1,96	55,18	1,38
Sólidos Solúveis Totais (°Brix) – (SST)	1,87*	4,52	6,99	94,66	15,38
Acidez Total Titulável (%) – (ATT)	0,02*	0,31	14,48	90,11	8,76
Relação de SST/ATT (unidade) – (SST/ATT)	40,76*	15,25	15,62	86,08	00,00
pH (unidade) – (pH)	0,15*	4,67	2,30	92,22	9,15
Teor de Cinzas (%) – (C)	0,04*	0,54	15,07	81,54	2,26

QM= Quadrado médio do tratamento; \* significativos a 5% de probabilidade; CV= Coeficiente de variação;

MGeral= média geral; H= herdabilidade; CC= Contribuição relativa dos Caracteres.

Fonte: os autores (2021).

Já em relação à contribuição dos caracteres (CC), as variáveis: DFR, SST e CFR foram as que mais colaboraram para a

diversidade analisada, enquanto que as variáveis: SST/ATT, TC e UM foram as que menos contribuíram.

O dendrograma de dissimilaridade genética do banco ativo de germoplasma de tomate do IFES *Campus* de Alegre, tendo como base descritores morfológicos e bromatológicos, é constituído por nove grupos (Figura 1).

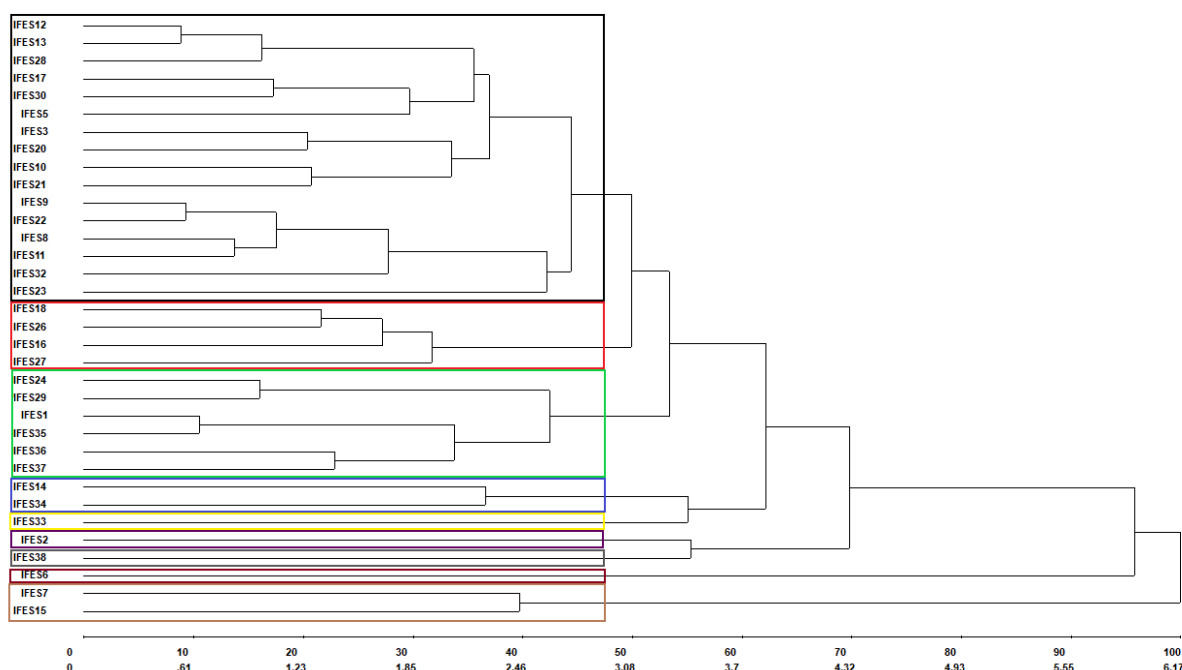
O grupo I destacou-se por apresentar uma forma da folha predominantemente deltóide, uma densidade foliar intermediária e um formato do fruto levemente achatado.

CASALS *et al.* (2019) ao analisarem características químicas, morfológicas e sensoriais do tomate fresco e sua aceitação no mercado consumidor obteve a predominância do formato arredondado e achatado do fruto. A densidade foliar intermediária é a mais recomendada, pois enquanto uma densidade foliar esparsa capta menos

energia, a alta densidade foliar gasta muita energia para manter sua folhagem, em ambos os casos há menos energia disponível para o desenvolvimento dos frutos, apesar dos genótipos com densidade foliar esparsa facilitarem o processo de colheita e os genótipos com alta densidade foliar serem mais resistentes tanto a estresses bióticos quanto abióticos (TRAORE *et al.*, 2019).

O grupo II distinguiu-se por possuir a maior relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável observada (18,23), um pH relativamente alto (4,83) e um hábito de crescimento indeterminado. MANGAT *et al.* (2021) ao realizarem uma caracterização morfoagronômica de *Solanum lycopersicum* nos EUA também observaram a predominância do hábito de crescimento indeterminado.

Figura 1: Dendrograma de Dissimilaridade Genética entre os 34 acessos de tomate do BAG do IFES *Campus* de Alegre, utilizando o método de agrupamento UPGMA.



Fonte: os autores (2021).

Genótipos que apresentam hábito de crescimento indeterminado produzem frutos em geral destinados ao consumo *in natura*, em que também se observa um maior desenvolvimento vertical, permitindo essas plantas possuírem alturas

maiores, enquanto que genótipos que apresentam hábito de crescimento determinado produzem frutos em geral destinados à indústria alimentícia e de processados, onde se observa um maior desenvolvimento horizontal, e

consequentemente com menor altura (PEIXOTO *et al.*, 2017). SILVA; ALVARENGA e MACIEL (2013) ao realizarem avaliações físico-químicas de frutos de tomate em decorrência de diferentes doses de potássio e nitrogênio, verificaram um menor valor para a relação SST/ATT (11,57). O fruto é considerado de ótima qualidade quando a relação SST/ATT for maior que 10, e também vale destacar que valores altos para essa relação refletem uma associação entre açúcares e ácidos que proporcionam um sabor mais leve e agradável, por outro lado, valores baixos proporcionam um sabor mais ácido e consequentemente desagradável (PAULA *et al.*, 2015; SILVA; ALVARENGA; MACIEL, 2013). Em razão do pH e acidez total titulável elevados, os frutos dos acessos desse grupo são mais aconselhados para o consumo *in natura*.

O grupo III exibiu um alto número de sementes por fruto (224,75), uma densidade foliar intermediária e a forma do fruto variando entre o achatado e o ligeiramente achatado. FERNANDES *et al.* (2018) ao desenvolverem o trabalho sobre caracterização morfoagronômica e análise da divergência genética entre acessos de tomate, demonstraram resultados similares para a característica número de sementes por fruto (variando entre 76,00 e 252,00). Dependendo da finalidade, a forma do fruto do tomate pode influenciar na aceitação do mercado. Para o consumo do tomate em cubos (*in natura*) é preferível o formato periforme, já para a fabricação de molhos o formato do fruto exerce pouca influência (PEIXOTO *et al.*, 2017).

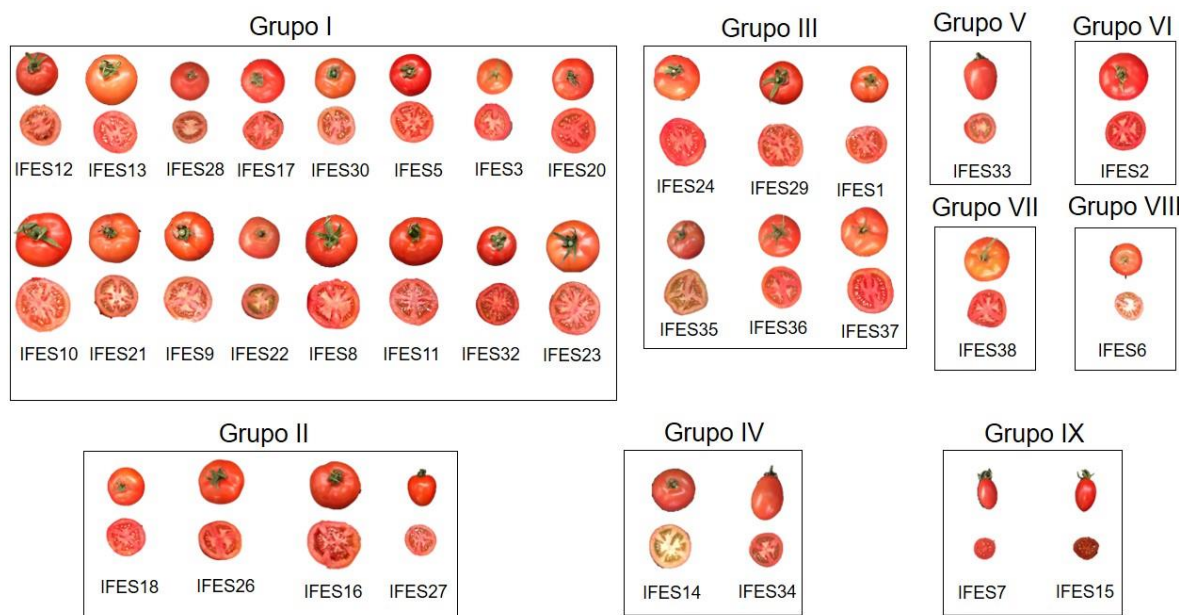
O grupo IV compreendeu valores intermediários para as características: número de sementes por fruto (151,25), umidade (94,59%) e acidez total titulável (0,27%). Ao estudarem o efeito do estresse hídrico no desenvolvimento das sementes de tomate, PERVEZ *et al.* (2009) observaram um número de sementes por fruto (entre 29,8 a 43,5) significativamente

inferior ao presente grupo. RUIZ-CISNEROS *et al.* (2019) ao examinarem o efeito de *Bacillus* no combate de fungos fitopatogênicos no desenvolvimento da planta e do fruto de tomate, tiveram uma variação de 0,24 a 0,48% de acidez total titulável. FERREIRA *et al.* (2020) observaram valores de umidade (entre 94,72 a 95,19%) similares ao grupo IV ao comparar certas características bromatológicas de tomates de cultivo orgânico e convencional no estado da Paraíba. O grupo V constituído por plantas baixas (até 1,15 m), maiores valores para as características Comprimento do fruto (65,13 mm), espessura do pericarpo (6,97 mm), teor de cinzas relativamente elevado (0,67%) e um valor intermediário de teor de sólidos solúveis totais (4,60°Brix). SALIM *et al.* (2020) ao realizarem a caracterização morfológica de genótipos de tomate em Bangladesh, analisaram uma variação de 4,40 a 8,07 mm para a característica espessura do pericarpo e uma variação de 2,97 a 5,51°Brix para a característica sólidos solúveis totais. TRAORE *et al.* (2019) ao realizarem o trabalho sobre a avaliação agromorfológica de acessos locais de tomate coletadas em Burkina Faso e Mali, verificaram valores para a característica comprimento do fruto (entre 20,63 a 74,76 mm) próximas às descritas no presente grupo. Ao realizarem o estudo sobre a diversidade genética entre acessos de tomate da Nigéria por meio da caracterização morfológica e molecular, GBADAMOSI *et al.* (2020) verificaram plantas com alturas significativamente menores (entre 0,14 a 0,37 m) ao observado no presente grupo. O teor de sólidos solúveis é uma característica importante, pois tem o objetivo de mensurar de forma aproximada os açúcares presentes nos frutos, desta forma quanto maior for o teor de sólidos solúveis, maior será o aproveitamento e consequentemente menor gasto de energia no processo de beneficiamento do tomate, além de ser interessante para o consumo *in natura*, pois frutos com teores de sólidos solúveis acima

de 3,00°Brix possuem um sabor mais agradável (FERREIRA *et al.*, 2020; SCHWARZ *et al.*, 2013). Os frutos dos acessos desse grupo exibem dupla

finalidade, destinados tanto para o consumo *in natura* quanto para o processamento em razão do teor de sólidos solúveis.

Figura 2: Agrupamento dos genótipos de tomate com base em características morfoagronômicas e bromatológicas.



Fonte: os autores (2021).

O grupo VI apresentou valores altos para as características altura da planta (1,99 m), umidade (95,67%) e pH (4,97). Além de possuir os menores valores para as características: sólidos solúveis totais (3,80°Brix), acidez total titulável (0,24%) e teor de cinzas (0,46%). PRATTA *et al.* (2011) ao realizarem um estudo sobre a caracterização fenotípica e molecular do tomate apresentaram uma oscilação de 3,79 a 6,61°Brix de sólidos solúveis totais e uma variação de 4,85 a 5,38 de pH. Ao realizar a caracterização morfológica e físico-química de inúmeras cultivares de tomate, KHAN *et al.* (2017) verificaram valores semelhantes de altura de planta (1,15 a 1,93 m) em relação ao grupo VI. Os frutos desse grupo por terem pH maiores, menos ácidos e maiores teores de umidade, mais suculentos, são mais apreciados para o consumo *in natura* (SCHWARZ *et al.*, 2013).

O grupo VII destacou-se por possuir valores elevados para as características: diâmetro do fruto (69 mm), número de sementes por fruto (267,25), número de lóculos (5,00) e teor de cinzas (0,65%). KHAN *et al.* (2017) também obtiveram uma variação de 25,20 a 73,00 mm para o diâmetro do fruto, valores similares ao grupo VII. MORENO-RAMÍREZ *et al.* (2019) ao desenvolverem o trabalho sobre a influência de fatores sociais e ambientais na diversidade de variedades crioulas de tomate no México, verificaram uma média maior para a variável número de lóculos (6,00 lóculos). SALIM *et al.* (2020) ao caracterizarem morfológicamente genótipos de tomate, demonstraram uma variação do número de sementes por fruto consideravelmente inferior ao observado no grupo VII (entre 46,00 a 148,00). FERREIRA *et al.* (2020) tiveram valores médios de teores de cinzas (0,46 a 0,59%) relativamente menor



comparado ao grupo VII. O teor de cinzas representa de forma aproximada a parcela inorgânica da amostra, mais precisamente a parte mineral do fruto (BRASIL, 2008; FERREIRA *et al.*, 2010).

O grupo VIII distinguiu-se por possuir valores baixos para as características: comprimento do fruto (39,17 mm), diâmetro do fruto (41,07 mm), umidade (91,48%), espessura do pericarpo (2,33 mm) e relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (9,00). Além do maior valor de acidez total titulável (0,49%). FIGÀS *et al.* (2015) ao trabalharem com a caracterização morfológica de variedades locais de tomate provenientes de Valência (Espanha) tiveram como média 6,40 mm para espessura do pericarpo, consideravelmente maior do que o grupo VIII. FIGÀS *et al.* (2018) ao analisarem as variações dos descritores morfológicos de acessos de tomate expostos a diferentes condições de cultivo, verificaram um valor médio de 60,80 mm para comprimento do fruto e 72,00 mm de diâmetro do fruto, substancialmente maiores do que os valores apresentados no presente grupo. Os frutos dos acessos que formam o grupo VIII são mais indicados para a indústria, pois quanto menor a porcentagem de água no fruto (umidade), maior será o rendimento no processo de concentração da polpa (SCHWARZ *et al.*, 2013). Esses mesmos frutos não são recomendados para o consumo *in natura* em razão da relação SST/ATT ser menor que 10 (SCHWARZ *et al.*, 2013).

O grupo IX compreendeu valores baixos para as características: comprimento do fruto (43,44 mm), diâmetro do fruto (26,92 mm), número de sementes por fruto (80,13), número de lóculos por fruto (2) e pH (4,34). RONGA *et al.* (2019) ao avaliarem as mudanças nos componentes de produção, características morfológicas, fisiológicas e de qualidade do fruto no processamento do tomate cultivado na Itália, observaram um valor de pH (entre 4,4 a 4,5) próximo ao

apresentado no grupo IX. RODRÍGUEZ e SERVIA (2010) ao caracterizarem morfológicamente amostras de tomate da região mexicana de Oaxaca, demonstraram uma média de 22,00 mm de comprimento do fruto e 23,00 mm de diâmetro do fruto, além de 2 lóculos por fruto também. Vale ressaltar que frutos com pH abaixo de 4,5 reduz de forma expressiva o desenvolvimento de microrganismos, o que por consequência diminui o período de tempo de esterilização do tomate no processo de industrialização (FERREIRA *et al.*, 2020; SCHWARZ *et al.*, 2013). Genótipos com frutos menores de 30 mm, como os do grupo IX, não são indicados para o cultivo em razão de apresentarem uma maior dificuldade no processo de colheita (PEIXOTO *et al.*, 2017).

#### 4 CONCLUSÕES

As caracterizações morfológicas e bromatológicas foram eficientes meios de determinação da divergência genética entre os 34 acessos que formam o banco de germoplasma do IFES Campus de Alegre. As variáveis comprimento e diâmetro do fruto apresentaram os maiores valores de herdabilidade. Enquanto que as variáveis que mais contribuíram para a divergência genética foram: diâmetro do fruto, sólidos solúveis totais e comprimento do fruto, respectivamente. Os coeficientes de variação foram predominantemente baixos e médios, o que indicam análises mais seguras.

O dendrograma de dissimilaridade genética foi constituído por nove grupos, os genótipos que formam os grupos II e VI possuem potencial para atenderem o mercado de consumo *in natura*, os genótipos que compõem os grupos VIII e IX são mais indicados para a indústria de processamento e os genótipos que constituem o grupo V apresentam dupla finalidade (para processados ou consumo *in natura*).

Desta forma, o presente estudo revela uma considerável diversidade

genética entre os acessos de tomate que integram o banco ativo de germoplasma do IFES *Campus* de Alegre e também salienta acessos com potenciais para atenderem os mercados consumidores.

## AGRADECIMENTOS

Ao IFES *Campus* de Alegre e à FAPES pela concessão da bolsa de iniciação científica aos três primeiros autores.

## REFERÊNCIAS

- AWAR, R.; KARAMI, E. Effect of macro and micro elements foliar spray on the quality and quantity of tomato (*Solanum lycopersicum*). **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v. 4, n. 2, p. 22–28, 2016.
- BERGOUIGNOUX, V. The history of tomato: From domestication to biopharming. **Biotechnology Advances**, v. 32, n. 1, p. 170–189, 2014.
- BERNINI, C. S. *et al.* Parâmetros genéticos de progênies interpopulacionais de milho para caracteres relacionados com tolerância à seca. *Scientific Electronic Archives*, v. 14, n. 9, p. 8, 2021.
- BHANDARI, H. R.; SRIVASTAVA, K.; REDDY, G. E. Genetic Variability, heritability and genetic advance for yield traits in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 7, p. 4131–4138, 2017.
- BRASIL - Instituto Adolfo Lutz. (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, p.1020.
- CASALS, J. *et al.* Cherry and fresh market tomatoes: Differences in chemical, morphological, and sensory traits and their implications for consumer acceptance. **Agronomy**, v. 9, n. 1, 2019.
- COSTA, E. S. P. *et al.* Caracterização física, físico-química e morfoagronômica de acessos de tomate cereja sob cultivo orgânico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1–8, 2018.
- CRUZ, C.D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum**. v.38, n.4, p.547-552, 2016.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. UFV, 2006.
- DUSI, A. N. *et al.* A cultura do tomateiro (para mesa). **EMBRAPA-SPI**. Coleção plantar, 1ª ed. Brasília, p. 25-60,1993.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT, 2020. Disponível em:< <http://www.fao.org>>. Acesso em: 14 de maio de 2021.
- FERNANDES, M. DE O. *et al.* Morpho-agronomic characterization and analysis of genetic divergence among accessions of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). **Ciência Rural**, v. 48, n. 11, 2018.
- FERREIRA, M. M. A. *et al.* Análise físico-química comparativa de tomates de cultivo orgânico e convencional provenientes de feira livre na Cidade De Cuité – PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 33275–33282, 2020.
- FERREIRA, S. M. R. *et al.* Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 858–864, 2010.
- FIGÀS, M. R. *et al.* Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using conventional descriptors and the high-

throughput phenomics tool Tomato Analyzer. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 62, n. 2, p. 189–204, 2015.

FIGÀS, M. R. *et al.* Variation of morphological descriptors for the evaluation of tomato germplasm and their stability across different growing conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 107–115, 2018.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 412p. 2005.

FLORES, I. R. *et al.* Bioactive compounds in tomato (*Solanum lycopersicum*) variety saladette and their relationship with soil mineral content. **Food Chemistry**, v. 344, 2021.

GBADAMOSI, A. E. *et al.* Genetic diversity in tomato accessions [*Solanum lycopersicum* (L.) H. Karst] from Nigeria employing morphological and SSR markers. **Plant Physiology Reports**, v. 25, n. 3, p. 444–459, 2020.

GERSZBERG, A. *et al.* Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in the service of biotechnology. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 120, n. 3, p. 881–902, 2015.

GOMES, F. Pimentel. A estatística moderna na pesquisa agropecuária. **BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura**, v. 60, n. 3, p. 232, 1985.

IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. **LSPA**, v. 30, n. 12, p. 1–82, 2017.

IPGRI, 1996. Descriptors for Tomato (*Lycopersicon* Spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome.

KHAN, M. A. *et al.* Morphological and physico-biochemical characterization of various tomato cultivars in a simplified soilless media. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 62, n. 2, p. 139–143, 2017.

KNAPP, S.; PERALTA, I. E. The Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and Its Botanical Relatives. **Compendium of Plant Genomes**, p. 7–21, 2016.

KULUS, D. Genetic resources and selected conservation methods of tomato. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 135–144, 2018.

LILLIEFORS, H. W. On the Kolmogorov-Smirnov test for normality with mean and variance unknown, *Journal of the American Statistical Association*, 62, 399–402. 1967.

MANGAT, P. K. *et al.* Alien introgression and morpho-agronomic characterization of diploid progenies of *Solanum lycopersicoides* monosomic alien addition lines (MAALs) toward pre-breeding applications in tomato (*S. lycopersicum*). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 134, n. 4, p. 1133–1146, 2021.

MORENO-RAMÍREZ, Y. D. R. *et al.* Social and environmental factors in the diversity of tomato landraces from the south-central region of Mexico. **Ciencia Rural**, v. 49, n. 5, p. 1–9, 2019.

MOULIN, M. M. *et al.* Caracterização De Acessos De Batata-Doce Baseado Em Características Morfológicas. **Biológicas & Saúde**, v. 4, n. 13, p. 23–36, 2014.

PAULA, J. T. *et al.* Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 434–440, 2015.

PEIXOTO, J. V. M. *et al.* Tomaticultura: Aspectos Morfológicos E Propriedades

Físico-Químicas Do Fruto. **Revista Científica Rural**, v. 19, n. 1, p. 108–131, 2017.

PERVEZ, M. A *et al.* Effect of drought stress on growth, yield and seed quality of tomato ( *Lycopersicon esculentum* L. ). **Pakistan Journal of Agricultural Science**, v. 46, n. 3, p. 174–178, 2009.

PETROPOULOS, S. A. *et al.* The optimization of nitrogen fertilization regulates crop performance and quality of processing tomato (solanum lycopersicum l. cv. heinz 3402). **Agronomy**, v. 10, n. 5, 2020.

PINELA, J. *et al.* Phenolic composition and antioxidant properties of ex-situ conserved tomato (*Solanum lycopersicum* L.) germplasm. **Food Research International**, v. 125, p. 108545, 2019.

PRATTA, G. R. *et al.* Phenotypic and molecular characterization of selected tomato recombinant inbred lines derived from the cross *Solanum lycopersicum* × *S. pimpinellifolium*. **Journal of Genetics**, v. 90, n. 2, p. 229–237, 2011.

RODRÍGUEZ, J. C. C.; SERVIA, J. L. C. Agromorphological characterization of tomato samples from Oaxaca. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 33, n. 4, p. 1–6, 2010.

RONGA, D. *et al.* Changes in yield components, morphological, physiological and fruit quality traits in processing tomato cultivated in Italy since the 1930's. **Scientia Horticulturae**, v. 257, n. February, p. 108726, 2019.

RUIZ-CISNEROS, M. F. *et al.* Efecto de cepas de *Bacillus solas* y en interacción con hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. **Revista Bio ciencias**, v. 6, n. 541, p. 1–17, 2019.

SALIM, M. M. R. *et al.* Morphological characterization of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) genotypes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 3, p. 233–240, 2020.

SCHWARZ, K. *et al.* Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 410–418, 2013.

SILVA, E. C.; ALVARENGA, P. P. M.; MACIEL, G. M. Avaliações físico-químicas de frutos de tomateiro em função de doses de potássio e nitrogênio. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1788–1795, 2013.

TRAORE, C. O. *et al.* Agromorphological evaluation within a collection of local tomato (*Solanum lycopersicum* L.) populations collected in Burkina Faso and Mali. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 33, p. 1726–1736, 2019.

VILAS BOAS, E.V.B. *et al.* Medidas de Qualidade. **Universidade Federal de Lavras. Lavras**. 2008.

WARNOCK, S. J. Natural habitats of *Lycopersicon* species. **HortScience**, v. 26, n. 5, p. 466-471, 1991.

WEINERT, C. H. *et al.* The effect of potassium fertilization on the metabolite profile of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 159, p. 89–99, 2021.