

Uso do algoritmo de Gower na determinação da divergência genética entre acessos de tomateiro do grupo cereja

Mariella Camargo Rocha^{1*}, Leandro Simões Azeredo Gonçalves², Rosana Rodrigues², Paula Renata Alves da Silva³, Margarida Goréte Ferreira do Carmo⁴ e Antonio Carlos de Souza Abboud⁴

¹Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. ²Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense "Darcy Ribeiro", Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. ³Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ⁴Departamento de Fitotecnia, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: marigonnis@ig.com.br

RESUMO. A análise conjunta de variáveis qualitativas e quantitativas tem sido apontada como ferramenta útil na estimativa da divergência genética entre os acessos de uma coleção de germoplasma. O presente trabalho teve como objetivos caracterizar uma coleção de germoplasma de tomateiro do grupo cereja, com base em descritores qualitativos e quantitativos e utilizar o algoritmo de Gower na quantificação da divergência genética. Estudaram-se 40 acessos de tomateiro cereja, cultivados em manejo orgânico nas condições de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro. Foram utilizados quatro descritores qualitativos relacionados aos frutos e nove descritores quantitativos. Os dados foram analisados de forma conjunta pelo algoritmo de Gower. Detectou-se variabilidade para coloração, formato e número de lóculos do fruto. A coloração vermelha foi observada em 25 acessos testados, registrando-se também a produção de frutos amarelos, laranjas e marrons. Para número de lóculos, foi registrada a ocorrência de frutos bi, tri, tetra e pluriloculares (com até sete lóculos). O método UPGMA foi o que obteve o maior coeficiente de correlação cofenética (0,80), observando-se a formação de sete grupos. Os grupos formados permitiram a distinção de frutos classificados como cereja e outros que não se adequaram a esta definição, por estarem acima do diâmetro equatorial proposto para esta classe.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, análise multivariada, descritores qualitativos, descritores quantitativos, programa R.

ABSTRACT. Using Gower's algorithm on the genetic divergence determination among cherry tomato accessions. The joint analysis of qualitative and quantitative variables has been considered a useful tool to estimate the genetic divergence among accessions of a gene bank. The purpose of this research was: (i) to characterize a collection of cherry tomatoes, using quantitative and qualitative descriptors, and (ii) to use Gower's algorithm to quantify genetic divergence among genotypes, employing a joint descriptors analysis. Forty accessions of organically grown cherry tomato were studied in Seropédica, Rio de Janeiro, Brazil. Four qualitative fruit descriptors and nine quantitative descriptors were used. Data were analyzed using Gower's algorithm. There was variability for color, shape and number of locules per fruit. The red color was observed in fruits of 25 accessions. Fruit with different colors such as yellow, orange and brown were also observed. Regarding locule number, the presence of fruit with two, three, four and even with seven locules was detected. The UPGMA method resulted in the highest value for cophenetic correlation (0.80) and seven clusters were formed. The formed clusters made it possible to distinguish fruit classified as cherry tomato from other type grouped in different clusters, because the fruits this category were larger than cherry type considering the equatorial diameter of the fruit.

Key words: *Solanum lycopersicum*, multivariate analysis, qualitative descriptors, quantitative descriptors, R software.

Introdução

Desde a década de 1990, um dos objetivos do melhoramento de tomate (*Solanum lycopersicum*) tem sido a obtenção de cultivares com melhor sabor e aroma (Bai; Lindhout, 2007). Para estas características

características, existe variabilidade genética, sobretudo nas chamadas variedades *heirloom* que são consideradas únicas e distintas pela riqueza de seu sabor. O termo *heirloom* geralmente se aplica a variedades capazes de se autopolinizarem e que

existiam antes da década de 1940, quando o número de variedades locais plantadas comercialmente começou a decrescer de forma marcante, em função do surgimento de cultivares melhoradas (JORDAN, 2007). Variedades *heirloom* de tomate estão disponíveis principalmente para produtores e consumidores nos Estados Unidos e na Europa (MAZZUCATO et al., 2008).

A manutenção e a conservação destas variedades em bancos de germoplasma tornam-se de grande utilidade para o melhoramento genético, pela possibilidade de identificação de genes que podem conferir melhores características de produção, qualidades organolépticas e de adaptação a diferentes estresses abióticos e bióticos (GEPTS, 2006; GONÇALVES et al., 2008a). Entretanto, estes acessos, mantidos em bancos de germoplasma, devem ser caracterizados e avaliados com o objetivo de se prever o grau de dissimilaridade entre os acessos, para se permitir melhor compreensão da coleção de germoplasma e se possibilitar a identificação de combinações parentais que produzam progênies com o máximo de variabilidade genética, aumentando-se, assim, a oportunidade de obtenção de indivíduos superiores (REIF et al., 2005; GONÇALVES et al., 2008b; SUDRÉ et al., 2010).

O uso de técnicas multivariadas é um dos fatores que tem impulsionado o aumento nos estudos sobre divergência genética entre acessos de banco de germoplasma. Análises multivariadas são baseadas em algoritmos, ou medidas de distância, que consideram simultaneamente inúmeras características consideradas nos experimentos de caracterização e avaliação de germoplasma (SUDRÉ et al., 2007; VILELA et al., 2008). Entre as técnicas disponíveis, a análise por componentes principais, por variáveis canônicas e os métodos aglomerativos são os mais utilizados (MOHAMMADI; PRASANNA, 2003). O método aglomerativo tem como princípio reunir os genótipos em grupos, de tal forma que haja homogeneidade dentro destes e heterogeneidade entre os mesmos. Esta metodologia depende do cálculo das medidas de dissimilaridade provenientes de variáveis quantitativas e qualitativas (CROSSA; FRANCO, 2004).

A geração de um grande número de dados de diferentes categorias (qualitativas e quantitativas) pode ser fator que dificulta a análise e a interpretação dos resultados de caracterização e avaliação do germoplasma, muitas vezes resultando na incompleta distinção entre os acessos. Sendo assim, a análise conjunta das variáveis pode fornecer melhor indicação da potencialidade da variabilidade existente em bancos de germoplasma. Entretanto, poucos

trabalhos têm utilizado esta estratégia para quantificação da dissimilaridade genética. Isto pode ocorrer pela falta de conhecimento das técnicas estatísticas que permitem essa abordagem e pela falta de programas computacionais livres que possam analisar tal procedimento.

A técnica que permite a análise simultânea de dados quantitativos e qualitativos foi proposta por Gower (1971). Este método permite que valores da matriz de distância fiquem compreendidos entre 0 e 1, sendo necessária a padronização das variáveis quantitativas e qualitativas. Alguns trabalhos, que se utilizam desta abordagem, são relatados como, por exemplo, os estudos feitos com *Brassica napus* L. (RODRIGUEZ et al., 2005), com *Triticum aestivum* L. (VIEIRA et al., 2007) e com *Solanum lycopersicum* (GONÇALVES et al., 2008b).

O Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural Rio de Janeiro (UFRRJ) possui uma coleção de germoplasma de tomateiro do grupo cereja, cujos acessos são considerados *heirloom*. Os objetivos do presente trabalho foram: caracterizar acessos de tomateiro do grupo cereja, pertencentes a esta coleção, com base em descritores qualitativos e quantitativos; estimar a divergência genética com base na análise conjunta dos dados qualitativos e quantitativos; e indicar combinações promissoras para a produção de híbridos de tomate cereja.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no campo, no Setor de Horticultura do Departamento de Fitotecnia, da UFRRJ, localizado em Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, no período de julho a dezembro de 2004. Foram avaliados 36 acessos de tomateiro do grupo cereja da coleção de germoplasma do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ e quatro cultivares: Perinha Água Branca (PAB), proveniente da Feira do Parque da Água Branca, localizada no Bairro de Perdizes no Estado de São Paulo e plantada na Fazendinha Agroecológica (Sistema Integrado de Produção Agroecológico-SIPA) do convênio Embrapa/Pesagro-Rio/UFRRJ; a cultivar Joanna, produzida pelo produtor Everaldo Zonta e cultivada em Itaguaí e região adjacente; a cultivar Samambaia, comercializada pela empresa Agristar e o híbrido F₁ *Super Sweet* (Rogers) (Tabela 1).

A área experimental foi dividida em 200 parcelas medindo 3,00 m². Cada parcela foi composta por uma linha contendo cinco plantas, utilizando o espaçamento de 1,20 por 0,50 m, totalizando uma área de 600 m² com 1.000 plantas. A área útil foi composta por 160 parcelas, totalizando uma área de 480 m² com 800 plantas. Como bordadura externa da

área experimental, utilizou-se a cultivar ‘Samambaia’, com o mesmo espaçamento.

O ensaio foi conduzido em uma gleba que se encontrava em pousio há mais de dez anos, e o solo foi classificado como Planossolo com as seguintes características: a) profundidade de 0 a 20 cm: $pH_{(água)} = 6,0$; $P = 105 \text{ mg kg}^{-1}$; $K = 91 \text{ mg kg}^{-1}$; $Ca = 1,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $Mg = 0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $Al = 0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $H + Al = 1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $Na = 0,021 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $C = 0,93\%$; e b) profundidade de 20 a 40 cm: $pH_{(água)} = 6,1$; $P = 101 \text{ mg kg}^{-1}$; $K = 72 \text{ mg kg}^{-1}$; $Ca = 1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $Mg = 0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $Al = 0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $H + Al = 1,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA; $Na = 0,013 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de TFSA, $C = 0,90\%$.

O preparo do solo foi realizado em 28 de julho de 2004. Em seguida, efetuou-se a gradagem para incorporação do calcário e nivelamento do solo. Após a aração e a gradagem, foi semeada a leguminosa crotalária (*Crotalaria juncea*), para adubação verde. Aos 50 dias após o semeio, a crotalária foi roçada e incorporada por meio de gradagem. Posteriormente, os

canteiros foram marcados e confeccionados, com 0,40 m de altura e sulcamento, em linhas espaçadas a 1,20 m. As covas foram adubadas seguindo as recomendações para a agricultura orgânica, com a aplicação de 15 g cova^{-1} de termofosfato e de 2 L cova^{-1} de esterco bovino (LEAL et al., 2007).

As mudas foram produzidas em bandejas de polipropileno, com 128 células, preenchidas com substrato preparado a partir de terra argilosa adicionada de esterco de curral (3:1 v/v) e mantidas em casa-de-vegetação. No semeio, foram colocadas duas a três sementes por célula, seguido de desbaste, totalizando uma muda por célula. Aos 43 dias após a semeadura, quando todas as mudas apresentavam-se com dois pares de folhas definitivas, foi realizado o transplante para a área experimental, seguido de irrigação.

Após o transplante, seguiu-se o manejo orgânico da cultura, com capinas e adição de cobertura morta (palha de grama batatais), a fim de se reduzir o crescimento de plantas invasoras e se manter a umidade no solo. Aos 28 dias após o transplante (DAT), foi realizada a primeira desbrota e o tutoramento das plantas com uma haste.

Tabela 1. Identificação dos genótipos, origem, coloração, formato, maturação do fruto e número de lóculos para 40 acessos de tomateiro do grupo cereja, em cultivo orgânico. Seropédica, UFRRJ, Estado do Rio de Janeiro, 2004.

Acesso	Origem	Coloração	Formato	Maturação do fruto	Nº de lóculos
<i>Super Sweet</i>	Agristar	vermelho	redondo	desuniforme	2
Samambaia	Rogers	vermelho	redondo	uniforme	2
Joanna	Itaguaí	vermelho	redondo	uniforme	2
PAB	São Paulo	rósea	cilindro alongado	desuniforme	2
ENAS 1001	França	vermelho	redondo	desuniforme	2
ENAS 1002	França	vermelho esverdeado	cilindro alongado	desuniforme	2
ENAS 1003	França	vermelho esverdeado	cilindro alongado	desuniforme	2
ENAS 1004	França	vermelho esverdeado	cilindro alongado	uniforme	2
ENAS 1005	França	vermelho	redondo	uniforme	3
ENAS 1006	França	laranja	redondo	uniforme	2
ENAS 1007	França	vermelho esverdeado	cilindro alongado	uniforme	2
ENAS 1008	França	marrom	redondo	uniforme	2
ENAS 1009	França	amarelo	redondo	uniforme	2
ENAS 1011	Seropédica	vermelho	achatado	uniforme	2
ENAS 1012	França	vermelho	pêra	uniforme	2
ENAS 1013	Espirito Santo	vermelho	ameixa	uniforme	2
ENAS 1014	Seropédica	vermelho	redondo	uniforme	2
ENAS 1015	Seropédica	vermelho listras amarelas	periforme	uniforme	2
ENAS 1016	Seropédica	laranja	redondo	uniforme	3
ENAS 1017	Seropédica	vermelho listras amarelas	redondo	uniforme	3
ENAS 1018	França	vermelho	levemente achatado	uniforme	2
ENAS 1019	França	vermelho	cordiformes	uniforme	3
ENAS 1020	Seropédica	laranja	redondo	uniforme	2
ENAS 1021	França	vermelho	redondo	uniforme	2
ENAS 1022	França	vermelho alaranjado	periforme	uniforme	2
ENAS 1023	França	vermelho	redondo	uniforme	2
ENAS 1024	França	vermelho	levemente achatado	uniforme	3
ENAS 1025	França	vermelho	redondo	uniforme	3
ENAS 1026	França	vermelho	redondo	uniforme	2
ENAS 1027	França	vermelho	globular	desuniforme	3
ENAS 1028	França	vermelho listras amarelas	redondo	uniforme	3
ENAS 1029	França	amarelo	periforme	uniforme	2
ENAS 1030	França	rósea	levemente achatado	uniforme	2
ENAS 1031	EUA	vermelho	redondo	uniforme	2
ENAS 2001	EUA	vermelho listras amarelas	redondo	uniforme	2 a 4
ENAS 2002	EUA	vermelho	globular	desuniforme	4
ENAS 2003	Seropédica	amarelo	levemente achatado	uniforme	2
ENAS 2004	EUA	vermelho	redondo	uniforme	2
ENAS 2005	França	vermelho	ameixa	desuniforme	4
ENAS 2006	França	vermelho amarronzado	redondo	desuniforme	5 a 7

Este foi realizado com auxílio de fitas de plástico, amarradas em sua base e conduzidas a um fio de arame a 2 m de altura do chão. Este fio estava preso a mourões localizados nas cabeceiras das fileiras (canteiros) de cada bloco e a cada 4 m foi posicionado um bambu com intuito de auxiliar na sustentação das plantas. Semanalmente, as plantas eram desbrotadas e, à medida que cresciam, eram conduzidas com fitas de plástico, com o intuito de apoiar o crescimento e evitar o seu contato com o solo. Não se realizaram, ao longo do desenvolvimento das plantas, o raleio dos cachos nem a capação.

Ao longo do ciclo da cultura, o suprimento das necessidades hídricas foi realizado por meio de um sistema de irrigação localizado (gotejamento), devidamente projetado para a área para onde foi conduzido o ensaio. Aos 42 DAT, foi realizada uma adubação de cobertura, com a aplicação de 75 g cova⁻¹ de esterco de galinha e 20 g cova⁻¹ de cinza.

Quatro colheitas foram realizadas, aos 92, 99, 106 e 112 dias após o transplante e os frutos foram colhidos nos estádios de maturação verde-maduro e maduro. Os diâmetros longitudinal e equatorial dos frutos foram medidos com auxílio de um paquímetro.

Quatro descritores qualitativos morfológicos, relacionados aos frutos (coloração, formato, uniformidade de maturação e número de lóculos), e nove descritores quantitativos agrônômicos foram utilizados. A coloração, o formato do fruto, a uniformidade de maturação e o número de lóculos foram observados de acordo com a proposta do IPGRI (1995). Os descritores quantitativos estudados foram: produção total de frutos (kg planta⁻¹); produção de frutos comerciais e não-comerciais (kg planta⁻¹); diâmetro longitudinal e equatorial dos frutos (cm); espessura da polpa (cm); massas mínima, média e máxima de cada fruto por planta (g). As médias das quatro avaliações foram utilizadas para a análise dos dados.

As avaliações realizadas para a definição do número de frutos não-comerciais consideraram a porcentagem de frutos com ocorrência de broca-grande dos frutos (*Helicoverpa zea* Bod.); broca-pequena dos frutos (*Neoleucinodes elegantalis* Guenée) e de traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta* Meirick); ocorrência de podridão-mole (*Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*) e antracnose (*Colletotrichum* spp.); e ocorrência de frutos com sintomas de rachadura, escaldadura, podridão apical e lóculos abertos, passados ou deformados.

Os dados quantitativos foram submetidos à análise de variância univariada (ANOVA), análise de

agrupamento pelo teste de médias Scott-Knott e foi determinada a importância relativa das características estudadas, conforme proposto por Singh (1981). Uma análise conjunta dos dados qualitativos e quantitativos foi realizada para determinação da distância genética, com base no algoritmo de Gower (1971), expresso por:

$$S_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p W_{ijk} \cdot S_{ijk}}{\sum_{k=1}^p W_{ijk}}$$

em que: K é o número de variáveis ($k = 1, 2, \dots$; p = número total de características avaliadas); i e j , dois indivíduos quaisquer; W_{ijk} é um peso dada a comparação ijk , atribuindo valor 1 para comparações válidas e valor 0 para comparações inválidas (quando o valor da variável está ausente em um ou ambos indivíduos); S_{ijk} é a contribuição da variável k na similaridade entre os indivíduos i e j , possuindo valores entre 0 e 1. Para uma variável nominal, se o valor da variável k é a mesma para ambos os indivíduos, i e j , então $S_{ijk} = 1$, caso contrário, é igual a 0; para uma variável contínua $S_{ijk} = 1 - |x_{ik} - x_{jk}| / R_k$ em que x_{ik} e x_{jk} são os valores da variável k para os indivíduos i e j , respectivamente, e R_k é a amplitude de variação da variável k na amostra. A divisão por R_k elimina as diferenças entre escalas das variáveis, produzindo um valor dentro do intervalo $[0, 1]$ e pesos iguais.

Os agrupamentos hierárquicos dos acessos foram obtidos pelos métodos de UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using an Arithmetic Average*), Ward e Vizinho Mais Próximo. A validação dos agrupamentos foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético (CCC) (SOKAL; ROHLF, 1962).

Os programas estatísticos utilizados foram GENES (CRUZ, 2008) para Anova, o teste de Scott-Knott e o cálculo da importância relativa das características. O programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2006) foi utilizado para as análises de distância genética, de agrupamentos hierárquicos e de correlação cofenética. A significância da correlação cofenética foi calculada pelos testes t e de Mantel (1.000 permutações).

Resultados e discussão

Detectou-se ampla variabilidade para a coloração dos frutos (Tabela 1). A coloração vermelha, mais conhecida pelos produtores e consumidores, foi predominante. No entanto, frutos com outras colorações como amarela, laranja e marrom também

foram observados. Em termos de formato de fruto, observou-se a presença de frutos globulares, cordiformes, cilíndricos, periformes, levemente achatados, entre outros (Tabela 1). A maioria dos acessos (82,5%) teve maturação uniforme, enquanto os demais (17,5%) tiveram maturação desuniforme. Para número de lóculos, foi registrada a ocorrência de frutos bi, tri, tetra e pluriloculares (com até sete lóculos).

Houve diferença significativa para todas as características quantitativas estudadas. Pela análise de agrupamento de médias de Scott-Knott, observou-se que 19 acessos não diferiram em relação à produção total, produzindo os maiores valores em peso por planta (Tabela 2). Destes, 12 acessos tiveram valores inferiores a 2,69 kg planta⁻¹ para produção de frutos não-comerciais, ficando alocados em um mesmo grupo, além de compreenderem frutos com padrão do tipo cereja, conforme Fernandes et al. (2007). Este resultado é interessante, pois demonstra o potencial de alguns acessos para a baixa produção de frutos defeituosos. Os acessos ENAS 1007, ENAS 1029 e ENAS 2001 tiveram valores de 0,53 (coincidentes para os dois primeiros acessos) e de 0,54 cm de espessura de polpa, cujos formatos foram cilíndrico alongado, periforme e redondo, respectivamente. Os acessos ENAS 1007 e ENAS 1029 não se enquadram nos padrões descritos para o tomate cereja. Além disso, o acesso ENAS 1029 produz frutos amarelos. Entretanto, com as mudanças constantes observadas no mercado consumidor, estes acessos podem potencialmente ser utilizados pelos produtores, pois suas características diferenciadas, em geral, são atrativas para nichos específicos de mercado, como a chamada culinária *gourmet*. Por sua vez, o acesso ENAS 2001 favorece a comercialização por ter um padrão de formato de fruto redondo com maior aceitação comercial (Tabela 2). Os 9 acessos restantes ficaram em grupos com valores intermediários e baixos de espessura de polpa, variando de 0,24 a 0,40 cm.

Em relação às cultivares comerciais, todas ficaram alocadas no grupo com baixa produção de frutos não-comerciais, com valores compreendidos entre 0,36 a 2,60 kg planta⁻¹. Entretanto, os acessos Samambaia e PAB obtiveram baixa produção de frutos totais, com 19,29 e 18,41 kg planta⁻¹, respectivamente, enquanto o híbrido *Super Sweet* e a cultivar Joanna tiveram alta produção de frutos totais, com 31,17 e 26,33 kg planta⁻¹. Quanto à espessura da polpa, as cultivares comerciais menos produtivas, ou seja, Samambaia e PAB, foram as que obtiveram maior espessura de polpa quando comparadas com *Super Sweet* e Joanna.

A produção de frutos não-comerciais foi a que teve maior importância relativa (22,71%) na discriminação dos acessos. É provável que este resultado seja pela maior variabilidade entre os acessos para diferentes características tais como a incidência de podridão apical e a resistência a algumas das pragas e doenças observadas durante a condução do experimento. Outras características importantes foram os diâmetros longitudinal e equatorial, com 19,34 e 14,01%, respectivamente. Estes caracteres são importantes tanto do ponto de vista de produção quanto para o melhoramento genético do tomateiro cereja.

Em se tratando de produção de frutos não-comerciais, um aspecto importante a ser destacado neste trabalho é que cultivares desenvolvidas, tanto por empresas produtoras de sementes quanto por produtores comerciais, tiveram bom desempenho, com pequena produção de frutos defeituosos em comparação com a produção total de frutos. Para o produtor, obviamente, esta é uma característica das mais importantes, pois de nada adianta um genótipo altamente produtivo, mas com grande produção de frutos não-comerciais, diminuindo, assim, sua lucratividade.

Como as plantas foram conduzidas em sistema de manejo orgânico, esse resultado se reveste de maior importância, já que, em cultivos convencionais, as pulverizações maciças de agrotóxicos podem mascarar e reduzir a incidência de frutos não-comerciais em detrimento de maior qualidade final do produto, tanto do ponto de vista ambiental como o de saúde do produtor e o do consumidor. Por sua vez, para o melhorista de plantas, menor incidência de frutos não-comerciais pode significar a presença de resistência a uma ou mais doenças, pragas ou distúrbios fisiológicos que, em geral, são as principais causas da produção de frutos não-comerciais em tomateiro.

O agrupamento hierárquico UPGMA (Figura 1) obteve maior valor para a correlação cofenética (CCC = 0,80) que aqueles verificados para os métodos de agrupamento, utilizando-se Ward (0,50) e o Vizinho Mais Próximo (0,60). Segundo Sokal e Rohlf (1962), valores de correlação iguais ou acima de 0,8 são considerados bons quando correlacionam a matriz de distância e a matriz de agrupamento.

Além disso, a correlação entre as matrizes de distância e a de agrupamento, utilizando UPGMA, foi altamente significativa pelos testes t e por Mantel, recomendando-se assim o agrupamento UPGMA para a discussão dos resultados.

Tabela 2. Médias¹ aritméticas de 40 acessos de tomateiro do grupo cereja para nove descritores agrônômicos, agrupados pelo teste de média Scott-Knott. Seropédica, UFRRJ, Estado do Rio de Janeiro, 2004.

Acessos	PTOT ²	PNC	PCOM	DLF	DEF	Pmin	Pmed	Pmax	EPOL	
Super Sweet	31,17	a 2,60	b 28,57	a 2,51	d 2,58	c 8,72	d 10,69	d 13,53	b 0,25	c
Samambaia	19,29	b 1,25	b 18,05	a 3,22	c 3,49	b 18,97	d 23,03	c 25,84	b 0,44	a
Joanna	26,33	a 1,13	b 25,19	a 2,44	d 2,45	c 7,15	d 9,13	d 14,05	b 0,24	c
PAB	18,41	b 0,36	b 18,05	a 3,37	c 2,55	c 11,31	d 12,87	d 16,11	b 0,36	b
ENAS 1001	17,30	b 3,45	a 13,84	a 4,13	b 3,86	b 28,56	c 46,56	c 49,89	b 0,47	a
ENAS 1002	32,08	a 3,87	a 28,22	a 3,86	c 2,97	c 19,05	d 23,99	c 26,05	b 0,45	a
ENAS 1003	30,35	a 5,51	a 24,85	a 4,40	b 3,33	b 23,82	c 29,34	c 35,84	b 0,49	a
ENAS 1004	17,41	b 0,93	b 16,48	a 4,47	b 3,33	b 23,04	c 31,04	c 31,87	b 0,50	a
ENAS 1005	23,50	a 1,13	b 22,37	a 1,91	d 1,96	c 3,45	d 4,198	d 7,57	b 0,26	c
ENAS 1006	22,15	a 1,46	b 20,69	a 2,44	d 2,35	c 7,37	d 8,819	d 10,45	b 0,28	c
ENAS 1007	32,33	a 2,19	b 30,14	a 4,34	b 3,20	c 22,81	c 26,52	c 31,98	b 0,53	a
ENAS 1008	17,95	b 2,19	b 15,76	a 2,36	d 2,34	c 6,04	d 9,59	d 13,83	b 0,24	c
ENAS 1009	7,11	b 0,81	b 6,29	a 3,76	c 4,05	b 14,39	d 20,34	d 28,34	b 0,48	a
ENAS 1011	21,92	a 2,34	b 19,58	a 2,57	d 2,42	c 7,07	d 8,207	d 10,48	b 0,25	c
ENAS 1012	14,56	b 0,56	b 14,00	a 3,66	c 3,03	c 15,09	d 19,79	d 22,70	b 0,41	b
ENAS 1013	20,54	b 3,82	a 16,72	a 3,52	c 3,88	b 26,72	c 34,63	c 62,43	b 0,41	b
ENAS 1014	30,43	a 3,20	a 27,22	a 4,08	b 4,19	b 30,71	c 43,4	c 51,54	b 0,60	a
ENAS 1015	17,04	b 1,52	b 15,52	a 3,62	c 2,63	c 10,47	d 13,78	d 16,81	b 0,24	c
ENAS 1016	24,69	a 4,05	a 20,64	a 4,47	b 4,10	b 37,68	c 41,08	c 48,59	b 0,59	a
ENAS 1017	20,25	b 0,98	b 19,27	a 4,41	b 2,42	c 9,30	d 15,87	d 22,20	b 0,38	b
ENAS 1018	18,86	b 0,78	b 18,08	a 2,65	d 2,72	c 8,64	d 11,45	d 13,21	b 0,38	b
ENAS 1019	17,10	b 5,67	a 11,43	a 4,57	b 4,51	a 21,76	c 28,45	c 36,40	b 0,51	a
ENAS 1020	26,73	a 2,69	b 24,04	a 2,65	d 2,74	c 10,92	d 13,9	d 18,84	b 0,36	b
ENAS 1021	8,66	b 3,23	a 5,43	a 12,60	a 5,35	a 48,06	b 129,4	a 135,70	a 0,61	a
ENAS 1022	22,48	a 1,76	b 20,71	a 2,39	d 2,52	c 7,06	d 9,068	d 11,46	b 0,36	b
ENAS 1023	27,83	a 6,94	a 20,89	a 3,72	c 3,61	b 22,40	c 27,48	c 35,35	b 0,40	b
ENAS 1024	24,75	a 2,65	b 22,10	a 3,24	c 3,23	c 15,81	d 18,87	d 21,88	b 0,40	b
ENAS 1025	19,14	b 4,78	a 14,37	a 2,96	d 2,94	c 10,55	d 15,48	d 20,61	b 0,45	a
ENAS 1026	18,85	b 1,83	b 17,02	a 2,35	d 2,51	c 5,83	d 7,953	d 17,95	b 0,31	c
ENAS 1027	14,84	b 1,88	b 12,97	a 2,78	d 2,51	c 7,50	d 9,373	d 10,87	b 0,39	b
ENAS 1028	17,40	b 4,84	a 12,57	a 4,84	b 5,43	a 62,89	a 94,4	b 146,75	a 0,58	a
ENAS 1029	25,91	a 2,31	b 23,60	a 3,81	c 2,82	c 11,11	d 17,53	d 20,11	b 0,53	a
ENAS 1030	15,64	b 0,33	b 15,31	a 2,02	d 1,99	c 3,97	d 4,968	d 6,27	b 0,29	c
ENAS 1031	24,40	a 3,95	a 20,45	a 3,41	c 3,61	b 28,23	c 32,8	c 42,36	b 0,50	a
ENAS 2001	24,99	a 0,96	b 24,04	a 2,99	d 3,04	c 12,23	d 16,55	d 20,30	b 0,54	a
ENAS 2002	18,73	b 0,31	b 18,42	a 1,86	d 1,89	c 3,05	d 3,92	d 4,61	b 0,26	c
ENAS 2003	15,58	b 0,90	b 14,68	a 3,80	c 2,74	c 11,18	d 15,43	d 16,93	b 0,38	b
ENAS 2004	27,81	a 5,14	a 22,68	a 3,65	c 3,66	b 20,98	c 26,42	c 38,30	b 0,34	b
ENAS 2005	19,45	b 1,14	b 18,31	a 3,60	c 2,60	c 10,19	d 14,43	d 19,30	b 0,34	b
ENAS 2006	22,21	a 0,93	b 21,28	a 3,73	c 3,05	c 15,06	d 23,31	c 26,44	b 0,40	b

¹Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, pertencem a um mesmo grupo (Scott-Knott).²PTOT: produção total de frutos; PNC: produção de frutos não-comerciais; PCOM: Produção de frutos comerciais; DLF: diâmetro longitudinal dos frutos; DEF: diâmetro equatorial dos frutos; Pmin: peso mínimo de cada fruto por planta; Pmed: peso médio de cada fruto por planta; Pmax: peso máximo de cada fruto por planta e EPOL: espessura da polpa.

A melhor adequação dos dados, quando se utiliza o método UPGMA, pode ser explicada pelo fato de que este método se baseia nas médias aritméticas das medidas de dissimilaridade, enquanto o método do Vizinho Mais Próximo considera o menor valor entre dois acessos e o Ward, por sua vez, considera a menor soma de quadrados em cada etapa do processo de formação dos grupos.

Um corte realizado na distância de 0,30, considerando-se o ponto de mudança abrupta, possibilitou a formação de sete grupos (Figura 1). O Grupo I foi formado por dois acessos ENAS 1016 e ENAS 1028, que tiveram frutos de formato redondo, trilobulares e maturação uniforme. Em relação às características quantitativas, este grupo teve maior massa (mínima, média e máxima), espessura de polpa e um elevado diâmetro equatorial (4,10 e 5,43 cm), caracterizando que estes frutos não podem ser classificados como do tipo cereja segundo proposta de Fernandes et al. (2007). Conforme estes autores, apenas frutos com diâmetro equatorial abaixo de 3,5 cm são considerados frutos do tipo cereja.

No Grupo II, constituído por cinco acessos ('Perinha Água Branca', ENAS 1002, ENAS 1003, ENAS 1004 e ENAS 1007), observaram-se as seguintes características em comum: frutos de formato cilíndrico alongado e bilobulares e coloração vermelha esverdeada, exceto para a cultivar Perinha Água Branca que teve frutos rosados. Estes acessos produziram frutos que se encaixam na definição de frutos do tipo cereja, de acordo com a proposta de Fernandes et al. (2007).

Dezoito acessos constituíram o Grupo III, que tiveram em comum as seguintes características: diâmetro equatorial (que variou de 1,96 a 3,23 cm, que confirmou a classificação de tomate cereja para o grupo, segundo Fernandes et al. (2007)) e massas mínima, média e máxima.

Este grupo também se caracterizou por reunir os acessos que obtiveram a menor produção de frutos não-comerciais, incluindo-se os genótipos comerciais Joanna e *Super Sweet*. ENAS 1019 foi o acesso que compôs isoladamente o grupo IV.

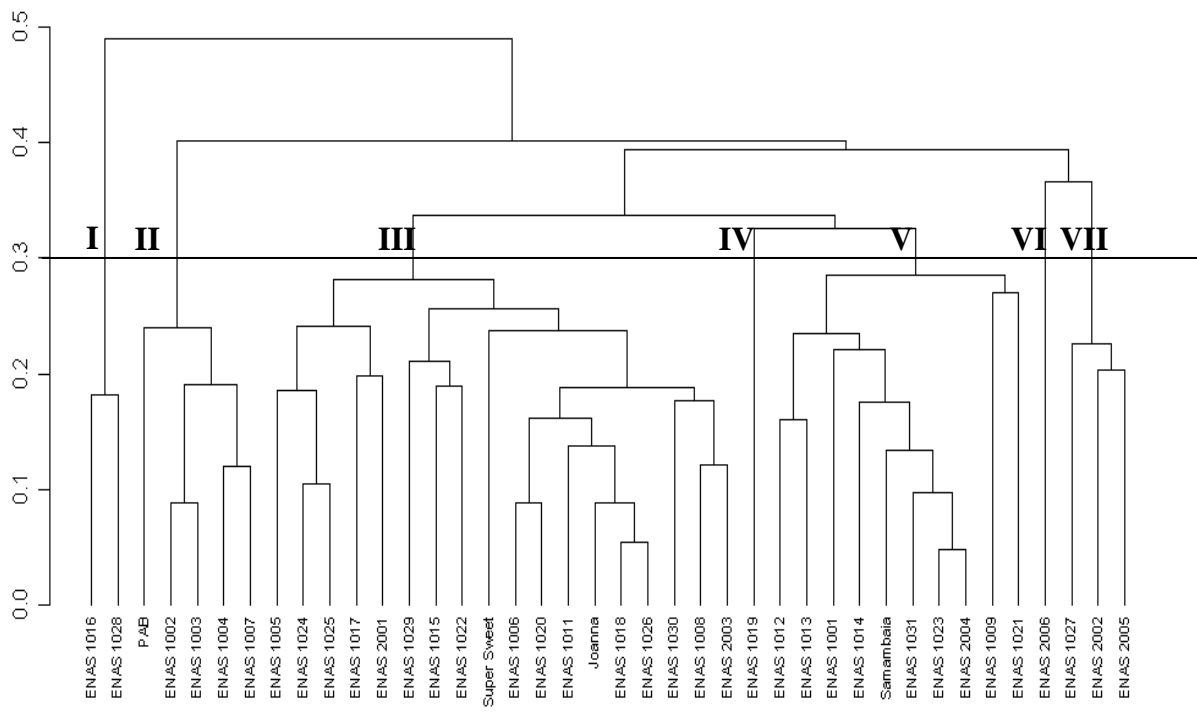


Figura 1. Dendrograma de dissimilaridades genéticas entre 40 acessos de tomateiro do grupo cereja, obtido pelo método UPGMA com base no algoritmo de Gower, a partir de quatro caracteres qualitativos e nove quantitativos. Seropédica, UFRRJ, Estado do Rio de Janeiro, 2004.

Este acesso foi o único entre os 40 testados a ter registrado o formato de fruto cordiforme, com três lóculos, uma alta produção de frutos não-comerciais, altos valores para os diâmetros longitudinal e equatorial e espessura de polpa, também não podendo ser classificado como fruto do tipo cereja.

Dez acessos formaram o Grupo V, no qual se encontrava a cultivar Samambaia. Todos os acessos tiveram frutos biloculares e diâmetro equatorial acima de 3,5 cm, exceto o acesso ENAS 1012 e a cultivar Samambaia, com valores de 3,03 e 3,49 cm, respectivamente. A perda de frutos por falta de padrão neste grupo também foi considerada alta. O Grupo VI foi formado por um acesso ENAS 2006, que foi o único a possuir coloração de fruto marrom-avermelhada. O sétimo grupo foi composto por três acessos ENAS 1027, ENAS 2002, ENAS 2005 que tiveram coloração vermelha e maturação desuniforme do fruto.

A análise multivariada possibilita a predição da heterose, e alguns cruzamentos podem ser sugeridos, seguindo-se o princípio de se cruzar os acessos mais distantes e com melhores características agronômicas. Com base nos dados obtidos neste trabalho, as seguintes combinações híbridas poderiam ser indicadas: Samambaia x Joanna, pois ambos foram alocados em grupos distintos, podendo resultar em híbrido promissor, lembrando que Samambaia possui uma produção mais baixa, porém

tem maior espessura de polpa, enquanto Joanna tem boa produção de frutos, mas pequena espessura de polpa; ENAS 2006 (Grupo VI) x Joanna (Grupo III), para se obter híbridos com alta produtividade e boa espessura de polpa; ENAS 2001 (Grupo III) x ENAS 2006 (Grupo VI), ambos com bons resultados para todas as variáveis testadas, podendo resultar num híbrido com excelentes características, explorando ao máximo a heterose para os caracteres agronômicos observados.

A distância proposta por Gower foi também utilizada por Rodríguez et al. (2005) para estudar em conjunto variáveis qualitativas e quantitativas, oriundas de 28 caracteres morfológicos e agronômicos em *Brassica napus* L. Com o estudo, os autores determinaram a adequação do germoplasma estudado para o cultivo de verão e estimaram a divergência genética entre as populações locais. Com a análise conjunta dos dados, os autores conseguiram demonstrar a diversidade e o valor dos acessos estudados para o melhoramento da cultura.

A existência de coleções de germoplasma com acessos considerados como *heirloom* precisa ser estimulada e o estudo de caracterização e avaliação desses acessos são valiosos para a recomendação aos produtores e para a obtenção de novas cultivares. A grande maioria dos trabalhos que tratam da caracterização e avaliação de germoplasma, em geral, utiliza-se de variáveis qualitativas e quantitativas

separadamente, o que segmenta também as inferências e conclusões sobre a divergência genética entre os acessos, limitando, muitas vezes, a utilização posterior desses acessos, por exemplo, em programas de melhoramento genético. A análise conjunta de dados de natureza qualitativa e quantitativa pode permitir melhor compreensão das características consideradas e, principalmente, conclusões mais robustas do ponto de vista estatístico sobre o relacionamento genético entre os acessos estudados.

Conclusão

A divergência genética verificada nos acessos que compõem este banco de germoplasma é considerável, sobretudo em relação a pragas e doenças.

O método de Gower foi eficiente na discriminação dos grupos, demonstrando que a análise simultânea de dados qualitativos e quantitativos é viável e pode permitir maior eficiência no conhecimento da divergência entre acessos de bancos de germoplasma.

As combinações Samambaia x Joanna, ENAS 2006 x Joanna e ENAS 2001 x ENAS 2006 podem resultar em promissores híbridos de tomateiro cereja.

Agradecimentos

À Capes, pela concessão de bolsa de Doutorado à primeira autora.

Referências

- 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.
- CROSSA, J.; FRANCO, J. Statistical methods for classifying genotypes. *Euphytica*, v. 137, n. 1, p. 19-37, 2004.
- CRUZ, C. D. **Programa genes (versão Windows)**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2008.
- FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. Classificação de tomate-cereja em função do tamanho e peso dos frutos. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 2, p. 275-278, 2007.
- GEPTS, P. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. *Crop Science*, v. 46, n. 5, p. 2278-2296, 2006.
- GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; SUDRÉ, C. P.; BENTO, C. S.; MOULIN, M. M.; ARAÚJO, M. L.; DAHER, R. F.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G. Divergência genética em tomate estimada por marcadores RAPD em comparação com descritores multicategóricos. *Horticultura Brasileira*, v. 26, n. 3, p. 362-368, 2008a.
- GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; KARASAWA, M.; SUDRÉ, C. P.

Comparison of multivariate statistical algorithms to cluster tomato heirloom accessions. *Genetics and Molecular Research*, v. 7, n. 4, p. 1289-1297, 2008b.

GOWER, J. C. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, v. 27, n. 4, p. 857-874, 1971.

IPGRI-International Plant Genetic Resources Institute. **Decriptors for tomato (*Lycopersicon spp.*)**. Roma, 1995.

JORDAN, J. A. The heirloom tomato as cultural object: investigating taste and space. *Sociologia Ruralis*, v. 47, n. 1, p. 20-41, 2007.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 4, p. 392-395, 2007.

MAZZUCATO, A.; PAPA, R.; BITOCCHI, E.; MOSCONI, P.; NANNI, L.; NEGRI, V.; PICARELLA, M. E.; SILIGATO, F.; SORESSI, G. P.; TIRANTI, B.; VERONESI, F. Genetic diversity, structure and marker-trait associations in a collection of Italian tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 116, n. 1, p. 657-669, 2008.

MOHAMMADI, S. A.; PRASANNA, B. M. Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. *Crop Science*, v. 43, n. 4, p. 1235-1248, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2006.

REIF, J. C.; MELCHINGER, A. E.; FRISCH, M. Genetical and mathematical properties of similarity and dissimilarity coefficients applied in plant breeding and seed bank management. *Crop Science*, v. 1, n. 45, p. 1-7, 2005.

RODRÍGUEZ, V. M.; CARTEA, M. E.; PADILLA, G.; VELASCO, P.; ORDÁS, A. The nabicol: A horticultural crop in northwestern Spain. *Euphytica*, v. 142, n. 3, p. 237-246, 2005.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *Indian Journal of Genetic and Plant Breeding*, v. 41, n. 2, p. 237-245, 1981.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon*, v. 11, n. 2, p. 33-40, 1962.

SUDRÉ, C. P.; LEONARDECZ, E.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; MOURA, M. C. L.; GONÇALVES, L. S. A. Genetic resources of vegetable crops: a survey in the Brazilian germplasm collections pictured through papers published in the journals of the Brazilian Society for Horticultural Science. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 4, p. 496-503, 2007.

SUDRÉ, C. P.; GONÇALVES, L. S. A.; RODRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RIVA-SOUZA, E. M.; BENTO, C. S. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. *Genetics and Molecular Research*, v. 9, n. 1, p. 283-294, 2010.

VIEIRA, E. A.; CARVALHO, F. I. F.; BERTAN, I.; KOPP, M. M.; ZIMMER, P. D.; BENIN, G.; SILVA, J.

A. G.; HARTWING, I.; MALONE, G.; OLIVEIRA, A. C. Association between genetic distances in wheat (*Triticum aestivum* L.) as estimated by AFLP and morphological markers. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 2, p. 392-399, 2007.

VILELA, F. O.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIANA, A. P.; FREITAS JÚNIOR, S. P. Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population

using RAPD markers. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 25-30, 2008.

Received on September 1, 2008.

Accepted on November 14, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.