

DANILO ARAÚJO GOMES

DESENVOLVIMENTO DE LINHAGENS ANÃS PARA A OBTENÇÃO DE
HÍBRIDOS DE TOMATE DO TIPO SANTA CRUZ

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, 002/2021, PPGAGRO				
Data:	Vinte e cinco de fevereiro de dois mil e vinte um	Hora de início:	17:00	Hora de encerramento:	19:45
Matrícula do Discente:	11912AGR008				
Nome do Discente:	Danilo Araújo Gomes				
Título do Trabalho:	Seleção de populações de tomateiro anão tipo santa cruz com potencial agrônomico e qualidade de fruto				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Melhoramento de Plantas				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Ana Carolina Silva Siqueiroli - UFU; Douglas José Marques - UFU; Álvaro Carlos Gonçalves Neto - UFRP; Gabriel Mascarenhas Maciel - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Douglas José Marques, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/02/2021, às 19:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Mascarenhas Maciel, Professor(a) do Magistério**



Superior, em 25/02/2021, às 19:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Carolina Silva Siquieroli, Professor(a) do Magistério Superior**, em 25/02/2021, às 21:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alvaro Calos Gonçalves Neto, Usuário Externo**, em 26/02/2021, às 14:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2548373** e o código CRC **57130439**.

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

G633 2021	<p>Gomes, Danilo Araujo, 1992- Desenvolvimento de linhagens anãs para obtenção de híbridos de tomateiro do tipo Santa Cruz [recurso eletrônico] / Danilo Araujo Gomes. - 2021.</p> <p>Orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.140 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Agronomia. I. Maciel, Gabriel Mascarenhas, 1982-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 631</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Marluce Maria de Araújo Gomes e Natal Candido Gomes por me proporcionarem todas as condições para que eu pudesse chegar até aqui, além de todo o carinho, apoio e amor incondicional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel pela orientação e por ter me confiado um excelente trabalho. Agradeço-o também pela flexibilidade, conselhos e ensinamentos durante esta etapa.

Agradeço imensamente aos meus amigos Camila Soares de Oliveira, Rafael Resende Finzi, Daniel Bonifácio Cardoso, Mariana Mendes, Morgana Mamede, Joicy Vitória Miranda Peixoto, Nadia Mendes e Thúlio Mattos que foram presentes durante todas as etapas e essenciais para que eu conseguisse finalizar minha dissertação. Em especial, a minha grande amiga Camila Soares de Oliveira que além de presente em todos os momentos do desenvolvimento desta pesquisa, foi parceira nos momentos de dúvidas, incertezas, inseguranças, e também nos momentos de alegria, felicidade e realização.

Aos membros do Grupo de Estudos em Melhoramento Genético de Hortaliças (GEN-HORT), cujo trabalho em equipe possibilitou a realização deste trabalho e em especial ao senhor José Marques Vilela, por auxiliar na condução dos experimentos e ser sempre muito prestativo.

À Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Silva Siquieroli pela simpatia e disposição em auxiliar nas análises laboratoriais da pesquisa, nas correções de artigos e pela parceria durante todas etapas da pesquisa.

Aos membros da Banca, Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Silva Siquieroli, Prof. Dr. Álvaro Carlos Gonçalves Neto e Prof. Dr. Douglas Jose Marques por me prestigiarem aceitando o convite e também por contribuírem com a melhoria do trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por financiar esta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFU pela excelente qualidade de ensino e, em especial, às técnicas administrativas Palloma R. Maciel Rodrigues Oliveira e Mariana Batista Andrade por sempre serem muito prestativas e que são fundamentais para a eficiência do programa.

À todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a elaboração desse trabalho, meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO I: Agronomic potential of BC ₁ F ₂ populations of Santa Cruz type dwarf plant	9
Resumo	10
Abstract	11
1 Introdução	12
2 Material e Métodos	13
3 Resultados e Discussão	16
4 Conclusão	23
Referências	25
CAPÍTULO II: Use of computational intelligence in the genetic divergence and selection of BC ₁ F ₃ populations of Santa Cruz type dwarf tomato.....	30
Resumo	31
Abstract	32
1 Introdução	33
2 Material e Métodos	34
3 Resultados e Discussão	36
4 Conclusão	47
Referências	48

RESUMO

GOMES, DANILO ARAÚJO. **Desenvolvimento de linhagens anãs para a obtenção de híbridos de tomateiro tipo Santa Cruz**. 2021. 56f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

Aumentar a produtividade de híbridos de tomateiro é uma busca constante entre os melhoristas, para tanto uma alternativa viável é reduzir o porte das plantas, possibilitando maior número de indivíduos por área e maior número de pencas por metro linear de haste. A alteração da morfologia da planta a partir da utilização de linhagens anãs para obtenção de híbridos poderá ser uma excelente alternativa para alcançar tais objetivos, estratégia está que já foi utilizada no segmento dos minitomates. Entretanto, a exploração desta tecnologia e seus benefícios para o segmento Santa Cruz ainda não é uma realidade. Portanto, o objetivo geral desta pesquisa foi selecionar populações F_2RC_1 e F_3RC_1 de tomateiro anão tipo Santa Cruz com potencial agrônomo, qualidade de fruto e resistência a pragas. Esta pesquisa foi realizada em duas etapas: primeiro estudou-se o potencial agrônomo de populações anãs obtidas após a primeira geração de retrocruzamentos (F_2RC_1) e, em seguida, o desempenho de populações anãs obtidas após uma autofecundação (F_3RC_1) de plantas selecionadas em F_2RC_1 . Ambos os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Monte Carmelo. No primeiro experimento utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 15 tratamentos e quatro repetições. O material genético avaliado constituiu-se de 11 populações F_2RC_1 de tomateiro anão, os genitores (recorrente e doador) e dois híbridos comerciais. Nesta primeira etapa concluiu-se que o peso médio dos frutos, diâmetro transversal e a espessura da polpa das populações anãs aumentaram significativamente após o primeiro retrocruzamento, tendo a maioria apresentado formato de fruto próximo ao do segmento Santa Cruz. As populações anãs F_2RC_1 UFU-Sci#11 e UFU-Sci#12 se destacaram sendo promissoras para obtenção de linhagens. O objetivo da segunda etapa deste estudo foi estimar a diversidade genética e selecionar populações F_3RC_1 de tomateiro anão aplicando técnicas convencionais e inteligência computacional. O material genético avaliado constituiu de 13 populações F_3RC_1 originadas da autofecundação de plantas selecionadas em populações anãs F_2RC_1 os genitores (recorrente e doador) e duas testemunhas comerciais. Neste estudo concluímos que por meio de ambas metodologias foi possível confirmar a dissimilaridade genética entre as populações F_3RC_1 e o genitor doador. Entretanto, a inteligência computacional, empregando-se os Mapas Auto Organizáveis de Kohonen (SOM), foi capaz de detectar diferenças e organizar as similaridades entre as populações de forma coerente, resultando em maior número de grupos. Dentre as populações F_3RC_1 destacaram-se UFU-SC#3 e UFU-SC#5 quanto aos caracteres agrônomo e UFU-SC#10 e UFU-SC#11 quanto aos parâmetros de qualidade de fruto. Sugere-se para as próximas etapas realizar o segundo retrocruzamento para obter genótipos e, posteriormente, linhagens de tomateiro anãs com frutos tipo Santa Cruz, que permitiram a obtenção de híbridos provenientes de linhagens anãs com reduzido comprimento de internódios.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L.; melhoramento; nanismo.

¹ Orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU.

ABSTRACT

GOMES, DANILO ARAÚJO. **Dwarf lines development to obtain tomato hybrids type Santa Cruz.** 2021. 56f. Thesis (Master Program Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2021.¹

Increasing the productivity of tomato hybrids is a constant search among breeders, for which a viable alternative is to reduce the size of the plants, allowing a greater number of plants per area and a greater number of clumps per linear meter of stem. Changing the plant's morphology by using a dwarf line to obtain hybrids may be an excellent alternative to achieve these objectives, a strategy that has already been used in the mini-tomato segment. However, the exploitation of this technology and its benefits for the Santa Cruz segment is not yet a reality. Therefore, the general objective of this work was to select BC₁F₂ and BC₁F₃ populations of dwarf tomato type Santa Cruz round with agronomic potential, fruit quality and resistance to pests. This research was carry out in two stages: first, the performance of dwarf populations obtained after a backcross (BC₁F₂) and, then, the performance of dwarf populations obtained after a self-fertilization (BC₁F₃) of plants from populations selected in BC₁F₂. Both trials were carried out at the vegetable trial station at the Federal University of Uberlandia – Monte Carmelo Campus, MG, Brazil. For the first experiment, was used a randomized block design with 15 treatments and 4 replications. The genetic material evaluated consisted of 11 dwarf tomato BC₁F₂ populations, plus both parents (recurrent and donor) and two commercial hybrids. In this first stage we conclude, the mean fruit weight, transverse diameter, and pulp thickness of the dwarf populations increased significantly after the first backcross, and most of them exhibited fruit shape similar to that of the Santa Cruz segment. The dwarf BC₁F₂ populations UFU-Sci#11 and UFU-Sci#12 showed promise for obtaining lines and, subsequently, Santa Cruz type hybrids. For the second study, the aim of was to estimate genetic divergence and select BC₁F₃ populations of dwarf tomato plant within the Santa Cruz segment by conventional techniques and computational intelligence. The genetic material evaluated consisted of 13 BC₁F₃ dwarf populations, originated from self-fertilization of plants selected in dwarf populations BC₁F₂ plus both parents (recurrent and donor) and two commercial hybrids. Genetic dissimilarity in relation to the donor parent could be confirmed through both methodologies. However, computational intelligence using Kohonen self-organizing maps (SOM) was able to detect differences and organize the similarities among the populations in a more consistent manner, resulting in a larger number of groups. Among the BC₁F₃ populations, UFU-SC#3 and UFU-SC#5 stood out for agronomic traits, and UFU-SC#10 and UFU-SC#11 stood out for quality parameters. It is suggested for the next stage to perform the second backcrossing to obtain genotypes and, later, tomato dwarf lines with Santa Cruz fruits, which allowed the obtaining of hybrids from dwarf lines with reduced internodes length.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L.; breeding; dwarfism.

¹Major Professor: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU.

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma planta herbácea pertencente à família Solanaceae, originária da América do sul, mais precisamente na região andina, representada por parte da Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru. Da América do Sul o tomate foi levado primeiramente para o México, onde foi domesticado, e por volta de 1954, chegou a Europa (Salim *et al.*, 2020), sendo utilizado inicialmente como planta ornamental (Bai e Lindhout, 2007). Acredita-se que os primeiros a utilizar o tomate como fonte de alimento tenham sido os italianos, isso já em meados do século XVIII (Corrado *et al.*, 2014).

Inicialmente, o processo de domesticação do tomate teve como principal objetivo a seleção de frutos maiores. O mais provável é que a domesticação teve início com a seleção de frutos maiores resultantes de mutações espontâneas para o tamanho do fruto (Tanksley, 2004). Como resultado da domesticação do tomateiro em busca de frutos maiores, alto rendimento e maior produtividade, atualmente observa-se o estreitamento de sua base genética decorrente da autopolinização e seleção artificial, levando a perda da diversidade genética, principalmente entre as cultivares comerciais (Gonias *et al.*, 2019).

O tomate caracteriza-se como uma das culturas olerícolas mais importantes e versáteis mundialmente, pois além de seu consumo *in natura* pode ser utilizado na fabricação de uma ampla gama de produtos alimentícios processados, como pasta, pó, ketchup, molho, sopas e conservas (Salim *et al.*, 2020). A grande popularidade desta cultura está associada também ao seu valor nutricional, com altos teores de vitaminas, minerais e substâncias antioxidantes, cujo consumo está associado à redução da incidência de doenças cardiovasculares e diversos tipos de câncer (Dariva *et al.*, 2020). Atualmente, o tomateiro é cultivado praticamente em todo o mundo, sendo China, Índia e Estados Unidos os maiores produtores mundiais (FAO, 2020).

No Brasil, o tomateiro destaca-se nos cenários econômico e social, pelo grande volume de produção e geração de empregos (Treichel *et al.*, 2016). De acordo com a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas de Hortaliças (ABCSEM, 2016), a produção de tomate fresco movimentou no ano de 2016, quase R\$ 10 bilhões no varejo gerando uma massa salarial de mais de R\$ 400 milhões no campo, caracterizando-se como a hortaliça mais importante do país.

O tomateiro no Brasil é majoritariamente cultivado em campo aberto. Assim, verifica-se que a manutenção da sanidade da cultura, que está entre as quais demandam maior

quantidade de agroquímicos, é uma tarefa onerosa em termos financeiros e operacionais, levando a cultura a ser considerada de alto risco financeiro (Alvarenga, 2013). Ademais, a tomaticultura caracteriza-se pela demanda de altos investimentos por unidade de área plantada, podendo ultrapassar 100 mil reais/ha⁻¹ para a implantação e condução das plantas no campo (CEPEA, 2016; Daleo *et al.*, 2016).

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de aumentar a produtividade da cultura, tornando-a mais viável ao tomaticultor, como a alteração do espaçamento de cultivo (Wamser *et al.*, 2009; Wanser *et al.*, 2012), sobre o número de hastes fixados por planta (Matos *et al.*, 2012), diferentes adubações (Mueller *et al.*, 2013), utilização de estimulantes (Seleguini *et al.*, 2016), diferentes épocas de colheita (Maciel *et al.*, 2015a) e introgressão de genes que conferem resistência a artrópodes pragas (Rodrigues-Lopez *et al.*, 2012).

Outra estratégia que pode ser utilizada para o aumento da produtividade em plantas é a alteração de sua morfologia. A incorporação de genes causadores do nanismo em trigo na década de 80 (Araus *et al.*, 2004) foi o exemplo mais conhecido de utilização desta estratégia. O nanismo é utilizado pelos melhoristas para adequar diferentes culturas a um determinado sistema de cultivo, aumentar a produtividade ou simplesmente possibilitar o incremento de tecnologias, como na cultura do trigo, onde foi possível a redução do espaçamento e a utilização de elevados níveis de fertilizantes sem causar o acamamento das plantas, resultando no aumento de sua produtividade (Hedden, 2003). A redução do porte também beneficiou outras culturas em termos agronômicos, como milho (Argenta *et al.*, 2001), cevada (Bierbiger, 1968) e arroz (Rutger *et al.*, 1976).

Em tomateiro são conhecidos pelo menos 19 genes que determinam o fenótipo anão. Estes genes, caracterizam-se principalmente pelo encurtamento do entrenó, mas também podem alterar caracteres morfológicos da planta, como variações no número de ramificações e coloração, tamanho e rugosidade das folhas (TGRC, 2015). O primeiro gene causador de nanismo identificado no tomateiro foi o gene *d* ou *d*¹, derivado da palavra “anão” (*dwarf* – em inglês) (Prince e Drinkard, 1908).

Os genes causadores de nanismo podem estar envolvidos na percepção do metabolismo da planta ao fitohormônio giberelina, precursor e mediador de diversos processos de desenvolvimento em plantas, incluindo alongamento do caule e folhas (Cheng *et al.*, 2004; Jasinski *et al.*, 2008), na produção de paredes celulares anormais (Reiter *et al.*, 1993), em defeitos na célula de expansão/alongamento (Takahashi *et al.*, 1995) e na biossíntese de brassinosteróides (Bishop *et al.*, 1996), grupo de fitohormônios

que regulam a expressão de genes e o crescimento e desenvolvimento das plantas (Fujioka e Yokoda, 2003). Entretanto, em sua maioria estes genes reduzem todas as partes da planta (Emmanuel e Levy, 2002; Mamidala e Nanna, 2009; Matsukura *et al.*, 2008; Sun *et al.*, 2006), o que não é desejado quando o objetivo é o desenvolvimento de cultivares comerciais de tomateiro.

Tendo em vista que um dos objetivos dos programas de melhoramento do tomateiro, deve ser a obtenção de plantas mais compactas, que facilitem a execução de práticas culturais (Figueiredo *et al.*, 2015) e também a colheita dos frutos (Finzi *et al.*, 2020), torna-se necessário pesquisas que explorem a presença dos genes de nanismo em híbridos de fenótipo normal. Ademais, Finzi *et al.* (2017) destacaram que a redução de internódios no tomateiro significa aumentar o número de pencas por metro linear de haste, resultando em híbridos mais produtivos que, conseqüentemente, aumentam o lucro por planta.

A Universidade Federal de Uberlândia tem desenvolvido pesquisas com tomateiro anão no intuito de melhorar a qualidade nutricional dos frutos, produtividade e resistência a pragas. Neste contexto, resultados satisfatórios já foram alcançados por Finzi *et al.* (2017), que obtiveram híbridos provenientes do cruzamento entre duas linhagens de mini tomate (porte anão *vs* porte normal) com vantagens agronômicas. Assim, nos próximos capítulos abordaremos as etapas iniciais do programa de melhoramento de tomateiro que busca o desenvolvimento de linhagens anãs pertencentes ao segmento Santa Cruz para posterior obtenção de híbridos com internódios reduzidos do referido segmento.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2013.

ARAUS, J. L.; SLAFER, G. A.; REYNOLDS, M. P.; ROYO, C. **Physiology of Yield and Adaptation in Wheat and Barley Breeding**. In: Nguyen, H.T.; Blum, A. *Physiology and Biotechnology Intergration for Plant Breeding*. Universitat de Barcelona, Barcelona, 2004, cap. 1, p. 1-50.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001. DOI: 10.1590/S0103-84782001000600027. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782001000600027&script=sci_arttext. Acesso em 08 jan. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMERCIO DE SEMENTES E MUDAS - ABCSEM. **Tomate lidera crescimento e lucratividade no setor de hortaliças**. Disponível em: <http://www.abcsem.com.br/releases/284/tomate-lidera-crescimento-e-lucratividade-no-setor-de-hortalicas>. Acesso em: 08 jan. 2021.

BAI, Y.; LINDHOUT, P. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future?. **Annals of botany**, Rennes Drive, Inglaterra, v. 100, n. 5, p. 1085-1094, 2007. DOI: 10.1093/aob/mcm150. Disponível em: <https://academic.oup.com/aob/article/100/5/1085/136832?login=true>. Acesso em 08 jan. 2021.

BIERBIGER, A. The creation of semi-dwarf barley varieties. *Euphytica*, v.17, p. 177-184, 1968.

BISHOP, G. J.; HARRISON, K. JONES, J. D. G. The tomato Dwarf gene isolated by heterologous transposon tagging encodes the first member of a new cytochrome P450 family. **The Plant Cell**, Waterbury, VT, v. 8, n. 6, p. 959-969, 1996. DOI: 10.1105/tpc.8.6.959. Disponível em: <http://www.plantcell.org/content/8/6/959.short>. Acesso em 08 jan. 2021.

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), Esalq/USP. **Tomate Gestão Sustentável. Hortifruti Brasil**, Piracicaba - SP, n. 157, p. 13, jun. 2016. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/cepea>.

CHENG, H. *et al.* Gibberellin regulates Arabidopsis floral development via suppression of DELLA protein function. **Development**, Histon, v. 131, n. 5, p. 1055- 1064, mar. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1242/dev.00992>. Disponível em: <https://dev.biologists.org/content/develop/131/5/1055.full.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

CORRADO, G. *et al.* Genetic diversity in Italian tomato landraces: Implications for the development of a core collection. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 168, p. 138-144, 2014. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.01.027. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423814000429?casa_token=Oz

jhkEigXjoAAAAA:2si5zNMf-
iOGb2AGNPbata8TUS872jseIzgAidjzi6gk3i9Gz4POZZacygphJdmRA21FQuc6wZo

DARIVA, F. D. *et al.* Evaluation of anatomical and physiological traits of *Solanum pennellii* Cor. associated with plant yield in tomato plants under water-limited conditions. **Scientific reports**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020. DOI: 10.1038/s41598-020-73004-4. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-73004-4>. Acesso em 08 jan. 2021.

DELEO, J. P. B.; BRITO JUNIOR, J. S.; PARANHOS, G. G. Especial tomate: gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 15, n. 157, p. 10-23, jun. 2016. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acesar/completo/especial-tomate-custo-para-se-produzir-um-hectare-de-tomate-ultrapassa-r-100-mil.aspx>. Acesso em: 08 jan. 2021.

EMMANUEL, E.; LEVY, A. A. Tomato mutants as tools for functional genomics. **Current opinion in plant biology**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 112-117, 2002. DOI: 10.1016/S1369-5266(02)00237-6. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369526602002376?casa_token=0yCE8f0agAAAAA:y3_47Qe7UiPUwxgQGJfQZh5e93ce1Lo8G34fO3QHS49Xwey7KbsforNayxbAPavZmQO4vOI_eGY. Acesso em: 08 jan. 2021.

FIGUEIREDO, A. S. T. *et al.* Comportamento de plantas de tomateiro indeterminado na presença de regulador de crescimento. **Revista Campo Digital**, Campo Mourão, v. 10, n. 1, p.31-40, 2015. DOI: Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/1830>. Acesso em: 15 fev. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic performance of mini-tomato hybrids from dwarf lines. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 1, p. 15-21, jan/feb, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542017411021416>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v41n1/1981-1829-cagro-41-01-00015.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2021.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic potential of BC1F2 dwarf round tomato populations. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 44, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044028819>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542020000100205&script=sci_arttext. Acesso em 08 jan. 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) OF THE UNITED NATIONS. Statistical Yearbook. New York, 2020. Disponível em: www.fao.com. Acesso em: 15 jan. 2021.

FUJIOKA, S.; YOKOTA, T. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. **Annual review of plant biology**, Palo Alto, v. 54, p. 137-164, jun. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.54.031902.134921>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.54.031902.134921>. Acesso em: 08 out. 2020.

GONIAS, E. D. *et al.* Exploring genetic diversity of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) germplasm of genebank collection employing SSR and SCAR markers. **Genetic**

Resources and Crop Evolution, [S. l.], v. 66, n. 6, p. 1295-1309, 2019. DOI: 10.1007/s10722-019-00786-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-019-00786-6>. Acesso em: 08 jan. 2021.

HEDDEN, P. The genes of the Green Revolution. **TRENDS in Genetics**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 5-9, 2003. DOI: 10.1016/S0168-9525(02)00009-4. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168952502000094?casa_token=r15XV6VD8H8AAAAA:TBC8vgY7SsFkQi0IKY4t3nxeg5Lo4leasScPWjtX5ggXfvk7wy77kvKXIMIDN8XHGUHmWeSdU0. Acesso em 08 já. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *In*: **IBGE. Produção Agrícola Municipal**. Tabela 6588. 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 08 jan. 2021.

JASINSKI, S. *et al.* PROCERA encodes a DELLA protein that mediates control of dissected leaf form in tomato. **The Plant Journal**, [S. l.], v. 56, n. 4, p. 603-612, nov. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2008.03628.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-3113X.2008.03628.x>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Influência da época de colheita no teor de sólidos solúveis em frutos de minitomate. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 11, n. 12, p. 1-6, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2015.120203>. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e23f/921f5ebafa1e4f6723d420bf8b46ef1d8f37.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

MAMIDALA, P.; NANNA, R. S. Efficient in vitro plant regeneration, flowering and fruiting of dwarf Tomato cv. Micro-Msk. 2009. **Plant Omics**, v. 2, p. 98-102, 2009. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093203213>. Acesso em: 08 jan. 2021.

MATOS, E. S.; SHIRAHIGE, F. H.; DE MELO, P. C. T. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 2, p. 240-245, 2012. DOI: 10.1590/S0102-05362012000200010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362012000200010&script=sci_arttext. Acesso em 08 jan. 2021.

MATSUKURA, C. *et al.* Comprehensive resources for tomato functional genomics based on the miniature model tomato Micro-Tom. **Current Genomics**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 436-443, 2008. DOI: 10.2174/138920208786241225. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/ben/cg/2008/00000009/00000007/art00001>. Acesso em: 08 jan. 2021.

MUELLER, S. *et al.* Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, n. 1, p. 86-92, jan./mar. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000100014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v31n1/v31n1a14.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

PRICE, H. L.; DRINKARD, A. W. Inheritance in tomato hybrids. **Molecular and General Genetics: GMR**. [S. l.], MGG, v. 1, n. 1, p. 402-403, 1908.

REITER, W. D.; CHAPPLE, C. C. S.; SOMER-VILLE, C. R. Altered growth and cell walls in a fucose-deficient mutant of Arabidopsis. **Science**, [S. l.], v. 261, n. 5124, p. 1032-1035, 1993. DOI: 10.1126/Science.261.5124.1032. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/261/5124/1032.abstract>. Acesso em 08 jan. 2021.

RODRÍGUEZ-LÓPEZ, M. J. *et al.* Acylsucrose-producing tomato plants forces Bemisia tabaci to shift its preferred settling and feeding site. **PLoS One**, Califórnia, Estados Unidos, v. 7, n. 3, p. e33064, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0033064. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0033064>. Acesso em 08 jan. 2021.

RUTGER, J. *et al.* Improved short stature rice. **California Agriculture**, Califórnia, Estados Unidos, v. 30, n. 6, p. 4-6, 1976. Disponível em: Acesso em 08 jan. 2021. Disponível em: <http://calag.ucanr.edu/archive/?article=ca.v030n06p4>. Acesso em: 08 jan. 2021.

SALIM, M. M. R. *et al.* Morphological characterization of tomato (Solanum lycopersicum L.) genotypes. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Riyadh, Arábia Saudita, v. 19, n. 3, p. 233-240, 2020. DOI: 10.1016/j.jssas.2018.11.001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X18302728>. Acesso em 08 jan. 2021.

SELEGUINI, A. *et al.* Efeito do paclobutrazol sobre o crescimento de plantas e produção de tomate (Solanum lycopersicum L.) em ambiente protegido. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, Peru, v. 7, n. 4, p. 391-399, 2016. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2016.04.04. Disponível em: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S207799172016000500004&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 set. 2020.

SUN, H. J. *et al.* A highly efficient transformation protocol for Micro-Tom, a model cultivar for tomato functional genomics. **Plant and Cell Physiology**, [S. l.], v. 47, n. 3, p. 426-431, 2006. DOI: 10.1093/pcp/pci251. Disponível em: <https://academic.oup.com/pcp/article/47/3/426/1922987?login=true>. Acesso em 08 jan. 2021.

TAKAHASHI, T. *et al.* The DIMINUTO gene of Arabidopsis is involved in regulating cell elongation. **Genes & Development**, Nova York, Estados Unidos, v. 9, n. 1, p. 97-107, 1995. DOI: 10.1101/gad.9.1.97. Disponível em: <http://genesdev.cshlp.org/content/9/1/97.short>. Acesso em: 08 jan. 2021.

TANKSLEY, S. D. The Genetic, Developmental, and Molecular Bases of Fruit Size and Shape Variation in Tomato. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 16, suplementos, p. S181-S189, jun. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.018119>. Disponível em:

http://www.plantcell.org/content/plantcell/16/suppl_1/S181.full.pdf. Acesso em: 08 jan. 2021.

TOMATO GENETICS RESOURCE CENTER: TGRC, 2015. California, Estados Unidos. Disponível em: <https://tgrc.ucdavis.edu/Data/Acc/dataframe.aspx?start=GenSearch.aspx&navstart=nav.html&start=GenSearch.aspx&navstart=nav.html>. Acesso em: 08 jan. 2021.

TREICHEL, M. *et al.* **Anuário Brasileiro do Tomate**. Editora Gazeta, Cruz, Santa do Sul. 84 p. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/>. Acesso em: 08 jan. 2021.

WAMSER, A. F. *et al.* Produtividade de híbridos de tomate submetidos ao cultivo superadensado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362012000100028&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 15 set. 2020.

CAPÍTULO I

POTENCIAL AGRONÔMICO DE POPULAÇÕES F₂RC₁ DE TOMATEIRO ANÃO PERTENCENTES SO SEGMENTO SANTA CRUZ

POTENCIAL AGRONÔMICO DE POPULAÇÕES F₂RC₁ DE TOMATEIRO ANÃO PERTENCENTES SO SEGMENTO SANTA CRUZ

RESUMO

A utilização de linhagens anãs para obtenção de híbridos de minitomate já é uma realidade que tem proporcionado vantagens agronômicas e econômicas. Sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de linhagens anãs do tipo Santa Cruz. Neste sentido, objetivo deste trabalho foi avaliar caracteres agronômicos em populações F₂RC₁ anãs com frutos característicos do segmento Santa Cruz, após o primeiro retrocruzamento e selecionar populações que apresentem potencial agronômico e qualidade de fruto. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Monte Carmelo. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com quinze tratamentos e quatro repetições. O material genético avaliado constituiu-se de onze populações F₂RC₁ de tomateiro anão obtidas por um retrocruzamento, mais ambos os genitores (recorrente e doador) e as testemunhas variedade Santa Cruz Kada e cultivar Santa Clara. As características avaliadas foram: peso médio, teor de sólidos solúveis, número de lóculos, formato, espessura da polpa, diâmetro longitudinal e transversal do fruto, comprimento entre internódios e altura de plantas. Os dados foram analisados por meio de teste de médias, análises multivariadas, índice de seleção e correlação entre caracteres. De maneira geral, o peso médio dos frutos, diâmetro transversal e a espessura da polpa das populações anãs aumentaram significativamente após o primeiro retrocruzamento e a maioria destas apresentaram o formato de fruto próximo ao do segmento Santa Cruz. As populações anãs F₂RC₁ UFU-Sci#11 e UFU-Sci#12 se destacaram sendo promissoras para obtenção de linhagens e posterior obtenção de híbridos provenientes de um genitor anão.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum.*; melhoramento de plantas; fenótipo anão.

**AGRONOMIC POTENTIAL OF BC₁F₂ POPULATIONS OF SANTA CRUZ
TYPE DWARF PLANT**

ABSTRACT

The use of dwarf lines to obtain mini-tomato hybrid plants is already a reality that has led to agronomic and economic advantages. Thus, the aim of the present study was to determine the agronomic increase brought about in the BC₁F₂ dwarf populations with fruit characteristic of the Santa Cruz segment after the first backcross and to select populations that present agronomic potential and fruit quality. The experiment was conducted in a greenhouse using a randomized block design with fifteen treatments and four replications. The genetic material evaluated consisted of eleven BC₁F₂ populations of dwarf tomato plant obtained from a backcross, plus both of the parents (recurrent and donor), the Santa Cruz Kada variety, and the Santa Clara cultivar. The traits evaluated were mean weight, soluble solids concentration, number of locules, shape, pulp thickness, fruit longitudinal and transverse diameter, length between internodes, and plant height. The data were analyzed by a means test, multivariate analyses, a selection index, and correlation among traits. The mean fruit weight, transverse diameter, and pulp thickness of the dwarf populations increased significantly after the first backcross, and most of them exhibited fruit shape similar to that of the Santa Cruz segment. The dwarf BC₁F₂ populations UFU-Sci#11 and UFU-Sci#12 showed promise for obtaining lines and, subsequently, Santa Cruz type hybrids.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L.; plant breeding; dwarf phenotype.

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é a segunda hortaliça mais cultivada mundialmente (FAO, 2016). Em 2020, a área destinada à produção de tomate no Brasil foi aproximadamente 55 mil hectares, com produção estimada em 4,0 milhões de toneladas (IBGE, 2020). O tomateiro pode ser classificado nos segmentos: Santa cruz, Caqui, Salada, Saladete (Italiano) e minitomate (ALVARENGA, 2013). Dentre estes, o grupo Santa Cruz se destaca por apresentar frutos de maior durabilidade pós-colheita, alto potencial produtivo, maior uniformidade de frutos e coloração vermelha intensa (Shirahige *et al.*, 2010).

O custo para implantação e condução de um hectare de tomate no Brasil pode ultrapassar os 100 mil reais, sendo considerada uma atividade agrícola de alto risco financeiro (Deleo *et al.*, 2019). Investimentos em inovação, buscando genótipos mais produtivos, resistentes a pragas e doenças e que apresentem frutos com elevada qualidade são os desafios do setor nos próximos anos (Luz *et al.*, 2016). A utilização de híbridos em tomateiro tem sido a principal forma de alcançar tais objetivos (Finzi *et al.*, 2017a).

Já é conhecido que a utilização de plantas que apresentem porte anão assume relevância no desenvolvimento de híbridos de tomate. Os híbridos provenientes de um genitor anão (obtido por meio de uma planta normal *versus* planta anã) se destacam pelo internódio curto, possibilitando incremento em produtividade decorrente do aumento do número de pencas por metro linear de haste (Finzi *et al.*, 2017a). Uma penca a mais por haste representa um elevado incremento de produtividade, e sendo o tomateiro uma cultura que demanda altos investimentos, a adesão de tecnologias que visam o aumento do lucro por hectare é fundamental.

A linhagem anã utilizada por Finzi *et al.* (2017a) possui frutos incompatíveis para utilização de forma direta na obtenção de híbridos do seguimento Santa Cruz, pois os frutos são pequenos e de formato oblongo (Maciel; Silva; Fernandes, 2015). Com o objetivo de obter frutos pertencentes ao grupo Salada, Finzi *et al.* (2020) realizaram o primeiro retrocruzamento com a referida linhagem anã. Da mesma forma, faz-se necessário a realização de retrocruzamentos para obtenção de linhagens anãs para o seguimento Santa Cruz e, posteriormente, a obtenção de híbridos provenientes de um genitor anão.

Diante de tais considerações, o presente trabalho teve como objetivo verificar o incremento agrônomo proporcionado nas populações F_2RC_1 anãs com frutos característicos do segmento Santa Cruz, após o primeiro retrocruzamento e selecionar populações que apresentem potencial agrônomo e qualidade de fruto. Assim, foi dada maior ênfase às comparações entre as populações anãs e genitor doador.

MATERIAL AND METHODS

O experimento foi realizado no período de março a setembro de 2019, na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, MG (18°42'43,19" S, 47°29'55,8" W e altitude de 873 m). As plantas foram cultivadas em casa de vegetação do tipo arco (7 x 21 m), com pé direito de 4 metros, coberta com filme de polietileno transparente de 150 micra aditivado contra raios ultravioleta e cortinas laterais de tela branca anti-afídeo.

O material genético avaliado consistiu de onze populações de tomateiro anão obtidas de um primeiro retrocruzamento e posterior autofecundação (F_2RC_1) após hibridação de uma linhagem pré-comercial homocigota com padrões de fruto do tipo Santa Cruz (genitor recorrente) *versus* linhagem anã UFU MC TOM1 (Maciel; Silva; Fernandes, 2015), mais ambos os genitores, a as testemunhas comerciais variedade Santa Cruz KADA e cultivar Santa Clara, totalizando quinze tratamentos. As populações F_2RC_1 e os genitores pertencem ao banco de germoplasma de tomateiro da UFU. O genitor recorrente, variedade Santa Cruz Kada e cultivar Santa Clara se caracterizam por possuir hábito de crescimento indeterminado e frutos vermelhos do tipo Santa Cruz. Por outro lado, UFU MC TOM1 é uma linhagem homocigota para porte anão com hábito de crescimento indeterminado e frutos oblongos do tipo minitomate (Finzi *et al.*, 2017b; Maciel; Silva; Fernandes, 2015), utilizada como genitor doador. Pela expressão do fenótipo anão ser de origem recessiva e monogênica (Maciel; Silva; Fernandes, 2015), os retrocruzamentos e autofecundações foram realizados para transferência de alelo recessivo.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno (200 células) em 02 de março de 2019. O transplântio ocorreu 31 dias após a semeadura para vasos plásticos com capacidade para cinco litros. Anteriormente foram selecionadas dentre as populações F_2RC_1 mudas das respectivas populações de tomateiro com fenótipo anão, que podem ser

precocemente identificadas devido a sua estrutura reduzida, folhas menores e mais espedas com coloraçaõ verde escuro. Tanto nas bandejas quanto nos vasos foi utilizado substrato comercial a base de fibra de coco. Durante toda a conduçaõ do experimento os tratos culturais foram realizados conforme preconizado para a cultura do tomateiro cultivado em ambiente protegido (ALVARENGA, 2013). O genitor recorrente, variedade Santa Cruz Kada e cultivar Santa Clara foram conduzidos verticalmente com duas hastes no sistema de tutoramento por fitilhos.

Na sequẽncia do experimento utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com quinze tratamentos e quatro repetiçaões. As parcelas experimentais foram constituídas por seis plantas, distribuídas em fileiras duplas no espaçamento de 0,3 x 0,3 m. Entre as linhas duplas (carreadores) foi utilizado espaçamento de 0,8 m, totalizando 360 plantas.

As colheitas foram realizadas semanalmente, no período de 05 de junho a 02 de agosto de 2019, totalizando nove colheitas. Os frutos de cada parcela experimental foram colhidos em estádio de maturação completa, sendo avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

Peso médio do fruto (g) (PMF): razão entre a massa e o número de frutos colhidos da parcela.

Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) (TSS): obtido pela média de todos os frutos colhidos na parcela. Após a colheita, estes foram analisados quanto ao teor de sólidos solúveis totais utilizando Refratômetro Digital Portátil (Atago PAL-1 3810).

Diâmetro transversal do fruto (cm) (DT): obtido com auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando o comprimento horizontal do fruto. Em seguida, realizou-se a média de diâmetro com todos os frutos colhidos na parcela.

Diâmetro longitudinal do fruto (cm) (DL): obtido com auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando o comprimento vertical do fruto. Em seguida, realizou-se a média de diâmetro com todos os frutos colhidos na parcela.

Formato do fruto (FF): obtido pela relação entre o diâmetro transversal e longitudinal (DT/DL). O genitor recorrente, híbrido comercial e a cultivar Santa Clara foram utilizados como referências do segmento Santa Cruz para permitir a classificação dos frutos.

Espessura da polpa (cm) (EP): obtido com auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando o comprimento entre a casca do fruto e o início do lóculo. Em seguida, realizou-se a média com todos os frutos colhidos na parcela.

Número de lóculos (lóculos frutos⁻¹) (NL): obtido após o corte do fruto horizontalmente ao meio, contabilizando o número de lóculos. Em seguida, realizou-se a média com todos os frutos colhidos na parcela.

Comprimento entre internódios (cm) (CI): obtido pela equação: [(altura da planta/número de nós)], em duas plantas centrais da parcela. Em seguida, calculou-se a média das medidas obtidas.

Altura (cm) (ALTP): obtido pelo comprimento vertical da planta, com auxílio de régua (cm), aferido em duas plantas centrais da parcela. Em seguida, calculou-se a média das medidas obtidas.

Após a verificação das pressuposições pela análise normalidade (Teste de Kolmogorov-Smirnov), homogeneidade (Teste de Oneill e Mathews), e aditividade (Teste de não aditividade de Tukey), utilizou-se a transformação de dados $\sqrt{x + 0.5}$ para peso médio do fruto, número de lóculos, comprimento entre internódios e altura das plantas, sendo tabelados os valores reais destas variáveis.

Ademais, os dados obtidos foram analisados por quatro modelos independentes: teste de médias, análises multivariadas, índice de seleção e correlações entre caracteres. No teste de médias, os dados foram submetidos à análise de variância (F=0,05) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p=0,05).

As análises multivariadas foram realizadas com o objetivo de determinar, somente, a dissimilaridade genética entre as populações anãs e o genitor doador, obtendo-se a matriz de dissimilaridade pela distância generalizada de Mahalanobis. A divergência genética foi representada pela análise das variáveis canônicas demonstrada pela dispersão dos escores em gráficos, com os eixos representados pelas primeiras variáveis canônicas (Cruz, Regazzi e Carneiro 2012).

O índice de seleção foi calculado pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba e Mock (1978). Para as estimativas dos ganhos de seleção, foram selecionadas cinco populações. O critério de seleção utilizado foi reduzir os caracteres comprimento entre internódios e aumentar todas as demais variáveis. O peso econômico adotado foi o coeficiente de variação genético de cada variável, conforme recomendado por Cruz, Regazzi e Carneiro (2012). Análises estas realizadas por meio do software Genes (Cruz, 2016). As correlações foram obtidas utilizando-se o pacote “qgraph” (Epskamp *et al.*, 2012), processada no software R versão 3.6.3 (R Core Team, 2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As populações de tomateiro anão F₂RC₁ se diferenciaram dos genitores, híbrido comercial e cultivar Santa Clara em todas características avaliadas (Tabela 1) pelo teste F ($\alpha = 0,05$). Tais características apresentaram herdabilidade superior a 70% e relação CVg/CVe superior a 0,90 (Tabela 1), evidenciando a confiabilidades das mesmas durante o processo de seleção.

Tabela 1. Características agrônômicas avaliadas em populações F₂RC₁ de tomateiro anão, genitor recorrente, genitor doador, variedade Kada e cultivar Santa Clara.

Tratamentos	PMF*	TSS	DT	DL	FF	EP	NL	CI	ALTP
UFU-Sci#2	7.25 de	9.66 ab	2.24 cd	3.04 de	0.74 cde	0.32 b	2.08 bc	1.30 ab	26.30 b
UFU-Sci#3	6.47 de	9.03 abc	2.30 cd	2.45 e	0.94 b	0.33 b	2.13 bc	1.30 ab	22.65 ab
UFU-Sci#5	5.98 de	8.39 bcd	2.43 c	2.70 e	0.90 bc	0.33 b	2.23 bc	1.22 ab	23.35 ab
UFU-Sci#6	4.46 e	8.95 abc	2.24 cd	2.39 e	0.93 b	0.31 b	2.29 bc	1.21 ab	24.45 ab
UFU-Sci#8	11.35 bc	8.96 abc	2.48 c	3.53 cd	0.70 de	0.35 b	2.35 bc	1.44 b	23.82 ab
UFU-Sci#11	8.29 cd	9.60 ab	2.35 cd	2.77 e	0.85 bcd	0.32 b	2.17 bc	1.25 ab	23.08 ab
UFU-Sci#12	8.34 cd	10.26 ab	2.20 cd	2.70 e	0.82 bcd	0.32 b	2.22 bc	1.11 ab	19.13 ab
UFU-Sci#16	7.22 de	9.86 ab	2.28 cd	2.60 e	0.88 bcd	0.30 b	2.10 bc	1.23 ab	23.88 ab
UFU-Sci#18	6.14 de	9.62 ab	2.17 cd	2.41 e	0.91 bc	0.32 b	2.03 c	1.27 ab	21.45 ab
UFU-Sci#20	6.19 de	9.59 ab	2.03 d	2.36 e	0.86 bcd	0.30 b	2.00 c	1.30 ab	21.03 ab
UFU-Sci#25	7.71 cd	8.97 abc	2.37 cd	2.71 e	0.87 bcd	0.32 b	2.11 bc	1.25 ab	26.58 b
Genitor recorrente	13.90 ab	6.94 de	4.40 ab	4.82 a	0.91 bc	0.45 a	3.14 a	5.41 c	135.25 c
Genitor doador	1.75 f	10.87 a	1.48 e	2.44 e	0.60 e	0.20 c	2.00 c	0.89 a	16.68 a
Kada	13.95 ab	7.32 cde	4.06 b	4.54 ab	0.89 bc	0.49 a	2.54 bc	5.65 c	185.00 d
Santa Clara	17.75 a	6.27 e	4.62 a	4.02 bc	1.16 a	0.45 a	2.55 ab	5.72 c	185.00 d
KS ²	4.40	2.80	2.30	5.10	0.30	1.20	1.70	0.70	9.10
F (OM) ³	0.90	1.90	0.30	8.60	1.80	0.40	1.50	0.90	1.40
F (Aditividade) ⁴	1.30	4.60	0.20	0.40	2.50	7.10	0.10	1.40	8.60
CV (%)	8.25	8.42	5.85	8.95	8.32	7.28	4.62	5.30	5.68

PMF: peso médio do fruto (g), TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix), DT: diâmetro transversal (cm); DL: diâmetro longitudinal (cm); FF: formate de fruto; EP: espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); CI: comprimento de internódio (cm); ALTP: altura de plantas (cm). ¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância. KS, F (OM)³, F (Tukey)⁴: estatística dos testes de Kolmogorov, Oneill e Mathews e Tukey respectivamente. Para todas as variáveis avaliadas os resíduos apresentaram distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade entre blocos e tratamentos.

O peso médio de frutos, assim como o número total de frutos, são componentes primários da produção que têm igual importância na determinação da produção total de frutos de tomateiro (Rodrigues *et al.*, 2010). No presente estudo os frutos das populações F₂RC₁ apresentaram um aumento considerável no peso médio de frutos, com incremento

médio de 312.6% e destaque para a população UFU-Sci#8 com acréscimos de 548,6%. O que evidencia o sucesso da primeira geração de retrocruzamentos, restaurando parte da constituição genética do genitor recorrente. Maciel *et al.* (2017) também relataram resultados positivos após o primeiro retrocruzamento em minitomate.

Quanto ao teor de sólidos solúveis, com exceção da população UFU-Sci#5 que obteve média de 8.39 °Brix, todas as demais populações F₂RC₁ foram similares ao genitor doador apresentando valor médio de 9.45°Brix. Fatores ambientais, fisiológicos e genéticos podem alterar os teores de sólidos solúveis. Acredita-se que o menor teor de sólidos solúveis da população UFU-Sci#5 seja devido a fatores genéticos que afetaram a capacidade dos frutos desta população de importar fotoassimilados. Finzi *et al.* (2019), avaliando a variabilidade genética e o teor de sólidos solúveis em híbridos de minitomate provenientes de linhagens anãs, atribuíram a variação dos teores de sólidos solúveis principalmente a diferentes fatores genéticos.

Para o consumo *in natura*, teores de sólidos solúveis de 3.0 °Brix são considerados ideais (Kader *et al.*, 1978; Schwarz *et al.*, 2013). Desta forma todas as populações F₂RC₁ são promissoras para o desenvolvimento de linhagens anãs pertencentes ao seguimento Santa Cruz, com alto teor de sólidos solúveis e poderão ser utilizadas no aprimoramento das variedades atuais de tomateiro, pois quanto maior o TSS maior expressão do sabor adocicado nos frutos, sendo estes preferidos pelos consumidores (Maciel *et al.*, 2015; Schwarz *et al.*, 2013).

O tamanho do fruto, representado neste estudo pelos seus diâmetros transversais e laterais, são importantes parâmetros relacionados com a uniformidade do produto final (Siddiqui; Ayala-Zavala; Dhua, 2015). O incremento médio no diâmetro transversal dos frutos da população F₂RC₁ (54.0%) sugere, assim como observado para peso médio de fruto, restauração de parte da constituição genética do genitor recorrente. Entretanto, para diâmetro longitudinal, com exceção do genótipo UFU-Sci#8 (3.53 cm), as populações F₂RC₁ não diferiram do genitor doador com valores médios de 2.60 cm.

A variabilidade observada para os caracteres do presente estudo, é atribuída a segregação genotípica e fenotípica após seleção e autofecundação de diferentes plantas F₁RC₁ (fenótipo normal) para obtenção das populações F₂RC₁. Com exceção do número de partes florais, Garcia-Forteza *et al.* (2019) também relataram segregação para todos os caracteres avaliados nas duas primeiras gerações de retrocruzamentos em beringela.

Os diâmetros transversais e laterais do fruto nos informam uma importante característica do tomateiro que é o formato do fruto (DT/DL). Para formato de fruto, todas

as populações F_2RC_1 foram similares ao genitor recorrente e a variedade KADA, apresentando formato ligeiramente oblongo. Portanto, pode-se afirmar que os frutos das populações F_2RC_1 , em sua maioria, possuem tomates pertencentes ao grupo Santa Cruz. O formato do fruto juntamente com o seu tamanho possui relação com a firmeza e, conseqüentemente, com seu período de pós-colheita, onde frutos de formato oval possuem maior espessura do pericarpo, sendo assim mais firmes (Chakrabort *et al.*, 2007).

A espessura de polpa de todas as populações F_2RC_1 foi superior ao observado no genitor doador, com incrementos entre 55.0% (UFU-Sci#16 e UFU-Sci#20) e 75.0% (UFU-Sci#8) para a referida característica. A espessura da polpa assume importância primordial sobre a qualidade do fruto, onde polpas mais espessas geralmente resultam em frutos com maior vida útil e que suportam transporte a maiores distâncias (Chakrabort *et al.*, 2007; Siddiqui; Ayala-Zavala; Dhua, 2015). Neste estudo as populações F_2RC_1 obtiveram um incremento médio de 60.0% para EP em relação ao genitor doador.

A qualidade dos frutos é afetada também pelo número de lóculos, sendo esta característica associada negativamente à firmeza dos frutos. Portanto, são desejáveis tomates com menor número de lóculos (Siddiqui; Ayala-Zavala; Dhua, 2015). O número de lóculos não diferiu entre os indivíduos das populações F_2RC_1 e o genitor doador que expressaram em média 2.14 lóculos por fruto, o que representa reduzido número de lóculos.

Além de caracteres relacionados aos frutos, os programas de melhoramento de tomateiro devem ter como um de seus objetivos a obtenção de plantas mais compactas, ou seja, com menor comprimento entrenó. Avaliando comprimento do entrenó e altura de plantas, com exceção da população UFU-Sci#8 (1.44 cm) para CI e das populações UFU-Sci#2 (26.30 cm) e UFU-Sci#25 (26.58 cm) para ALTP, todas populações F_2RC_1 foram similares ao genitor doador, com valores médios de 1.20 cm e 22.00 cm, respectivamente.

O internódio reduzido das populações anãs é vantajoso, pois possibilitará a obtenção de plantas compactas em combinações híbridas, com maior número de pencas por metro linear de haste (Finzi *et al.*, 2017a), facilitando também as práticas de poda e tutoramento além de reduzir os gastos com mão de obra e insumos (Marim *et al.*, 2009; FIGUEIREDO *et al.*, 2015). De acordo com os dados apresentados neste estudo, apenas um retrocruzamento foi eficiente para promover incrementos agrônômicos na população anã F₂RC₁ (Figura 1).

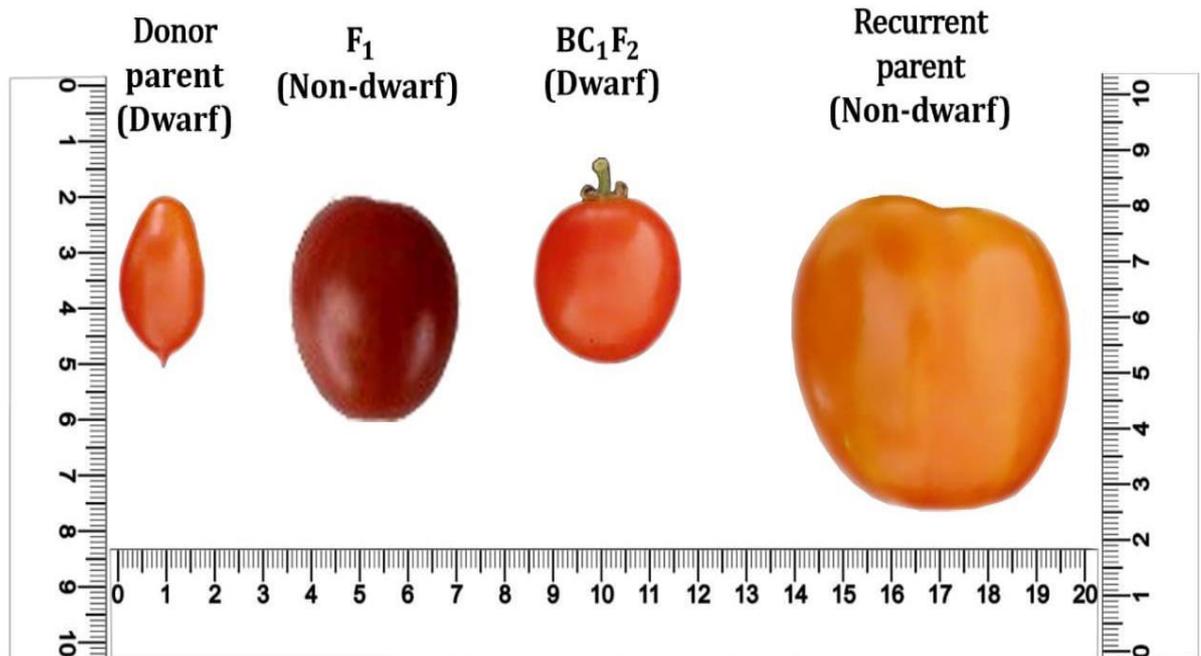


Figura 1. Comparação entre os frutos da esquerda para a direita, respectivamente - genitor doador, híbrido (F₁ - doador *versus* genitor recorrente), UFU-Sci#11 (F₂RC₁) e genitor recorrente.

Nesta etapa do programa de melhoramento espera-se que os genótipos derivados da primeira geração de retrocruzamentos (F₂RC₁) apresentem em média, 75,0% do genoma do genitor recorrente (Borém, Miranda, Fritsche-Neto 2017). Assim, os incrementos observados neste estudo indicam o sucesso do primeiro retrocruzamento. Entretanto, outras gerações de retrocruzamentos ainda são necessárias para aumentar a porcentagem do genoma do genitor recorrente nas futuras linhagens.

Resultados satisfatórios derivados do primeiro retrocruzamento também foram observados nas culturas do maracujá (Melo *et al.*, 2015); beringela (Garcia Fortea *et al.*, 2019) e tomateiro (Finzi *et al.*, 2020). Assim como em pesquisa realizada por Gonçalves neto *et al.* (2010), sugere-se nas próximas etapas a realização de mais dois retrocruzamentos, o que resultará em linhagens com fruto padrão comercial, e posterior

obtenção de híbridos do grupo Santa Cruz provenientes de linhagens anãs, como obtido por Finzi *et al.* (2017a). Deste modo, torna-se importante utilizar estratégias de seleção como medidas de dissimilaridade genética, índices de seleção e correlação entre caracteres que permitam a obtenção de linhagens anãs superiores.

A dissimilaridade estimada pela distância generalizada de mahalanobis entre plantas anãs variou de 1.78 (UFU-Sci#11 e UFU-Sci#16) a 125.99 (genitor doador e UFU-Sci#20), evidenciando a diversidade genética entre as plantas anãs. Para visualização da dissimilaridade genética, foi utilizado a dispersão gráfica das Variáveis Canônicas (Figura 2).

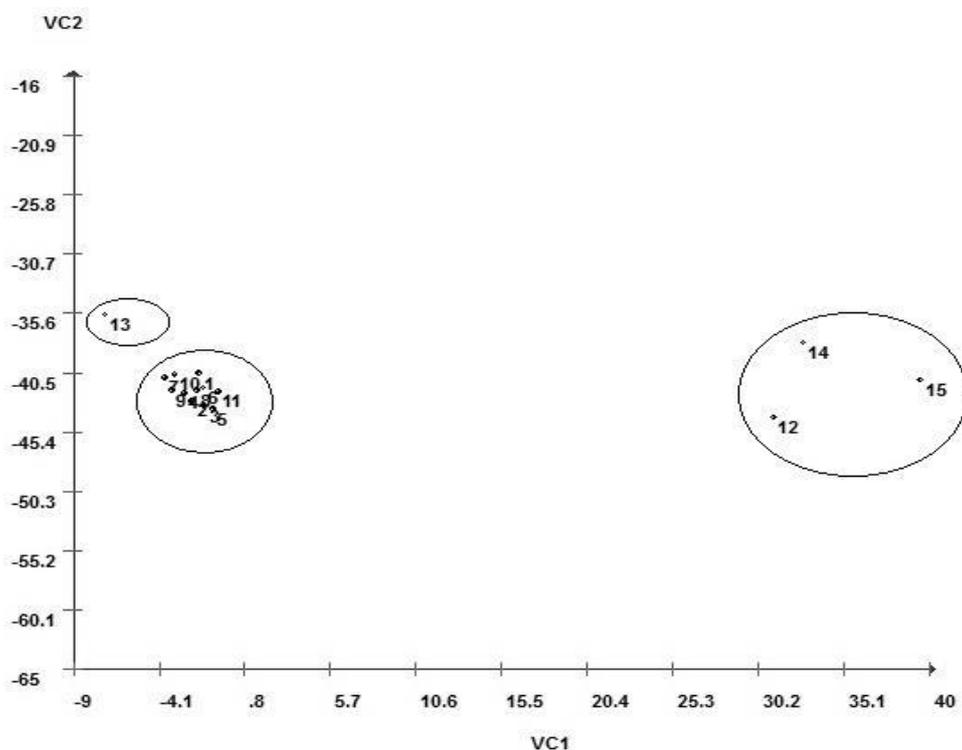


Figura 2. Dispersão gráfica dos escores em relação aos dois eixos representativos das duas primeiras Variáveis Canônicas (VC1 e VC2). VC1 (95,23%) e VC2 (1,84%). 1 = UFU-Sci # 2; 2 = UFU-Sci # 3; 3 = UFU-Sci # 5; 4 = UFU-Sci # 6; 5 = UFU-Sci # 8; 6 = UFU-Sci # 11; 7 = UFU-Sci # 12; 8 = UFU-Sci # 16; 9 = UFU-Sci # 18; 10 = UFU-Sci # 20; 11 = UFU-Sci # 25; 12 = UFU-TOM-MOTHER-2; 13 = UFU-TOM-1; 14 = KADA; 15 = Santa Clara; Monte Carmelo, UFU, 2019-2020.

Pela dispersão gráfica das variáveis canônicas, foi possível identificar três grupos distintos (Figura 2). O grupo I foi composto pelo genitor doador, grupo II por todas populações F_2RC_1 e o grupo três reuniu o genitor recorrente, variedade KADA e cultivar Santa Clara. A escolha do gráfico 2D foi apoiada pelas altas porcentagens obtidas pelas duas primeiras variáveis canônicas, responsáveis por grande parte da variação dentro e entre os grupos, onde, para uma interpretação satisfatória da variabilidade é necessário

que os dois primeiros componentes principais permitam uma estimativa superior à 80.0% de toda variabilidade contida no conjunto de caracteres (Cruz, Carneiro e Regazzi, 2012). No presente estudo, os dois primeiros componentes principais explicaram 97.1% da variação total.

O fato de todas populações F_2RC_1 diferirem do genitor doador sendo alocadas em grupos distintos indica o sucesso do primeiro retrocruzamento. Os gráficos bidimensionais têm sido amplamente utilizados em diferentes estudos e são capazes de explicar grande parte da variabilidade genética entre os grupos (Gonçalves *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2013). Finzi *et al.* (2020) com o objetivo de selecionar populações F_2RC_1 de tomateiro anão pertencentes ao segmento Salada, também relataram a formação de três grupos distintos, com todas populações F_2RC_1 diferindo do genitor doador, corroborando com o presente estudo.

Normalmente os caracteres de interesse agrônômico possuem controle genético complexo, sendo influenciados pelo ambiente, além de apresentarem correlação entre si (Costa *et al.*, 2004; Nick *et al.*, 2013). Assim, a seleção considerando apenas uma característica é pouco eficiente quando se trabalha com caracteres de herança poligênica, podendo resultar em ganhos para determinada característica e perda para outros caracteres de importância agrônômica (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012). Segundo Rezende *et al.* (2014) e Vasconcelos *et al.* (2010) a seleção de genótipos superiores deve ser realizada simultaneamente para vários caracteres, visando ganhos genéticos para o maior número possível de características. Neste sentido, o índice de seleção é uma excelente alternativa que permite a seleção simultânea de forma eficiente (Cruz; Regazzi e Carneiro, 2012; Rosado *et al.*, 2012).

Pelo índice da soma de “ranks” (Tabela 2), foram obtidos ganhos satisfatórios para os caracteres PMF (46.8%), TSS (51.2%), FF (10.5%) e NL (27.4%). Ademais, houve estimativa de redução no CI (-30.4%), característica favorável para o tomateiro (Finzi *et al.*, 2017a), uma vez que se busca plantas mais compactas. Finzi *et al.* (2020) avaliando a seleção de linhagens de tomateiro a partir do índice de seleção de Mulamba e Mock também relataram redução no CI (-2.39%), corroborando com a presente pesquisa. Os maiores ganhos genéticos, distribuídos de forma equilibrada entre todos os caracteres avaliados, foram obtidos por meio da seleção de cinco populações: UFU-Sci#3, UFU-Sci#11, UFU-Sci#12, UFU-Sci#20, UFU MC TOM1 (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativa de ganho de seleção (GS%) obtido para nove caracteres, entre 12 populações de tomate anão obtido pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba e Mock.

Genótipos selecionados	
Características	%GS
PMF	46.8
TSS	51.2
DT	-26.5
DL	-10.9
FF	10.5
EP	-39.0
NL	27.4
CI	-30.4
ALTP	-58.0
%GS Total	-28.9
	UFU-Sci#3
	UFU-Sci#11
Populações Selecionadas	UFU-Sci#12
	UFU-Sci#20
	UFU MC TOM1

PMF: peso médio do fruto (g), TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix), DT: diâmetro transversal (cm); DL: diâmetro longitudinal (cm); FF: formate de fruto; EP: espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); CI: comprimento de internódio (cm); ALTP: altura de plantas (cm). Monte Carmelo, UFU, 2019-2020.

Outras informações importantes são aquelas obtidas por meio das relações existentes entre características, obtidas das correlações genótípicas, fenotípicas e ambientais (Ferreira *et al.*, 2003; Valadares *et al.*, 2017). Essa estimativa ganha destaque principalmente quando a seleção de uma característica desejável apresenta dificuldades, seja por baixa herdabilidade e/ou difícil medição e identificação, permitindo a obtenção de ganhos em uma característica por meio da seleção indireta em outra (Cruz, Regazzi e Carneiro, 2012; Valadares *et al.*, 2017). Quando positivos, os coeficientes de correlação indicam a tendência de uma variável aumentar quando a variável correlacionada aumenta. Já os negativos, indicam a tendência de uma variável diminuir enquanto outra aumenta (Nogueira *et al.*, 2012).

No presente estudo foram observadas correlações genéticas positivas de alta magnitudes entre os pares (NL x DL), (DT x DL), (CI x DL), (CI x DT), (ALTP x CI), (PMF x DL), (PMF x DT) e (EP x DT) (Figura 3). Entretanto, todas as características quando correlacionadas com o TSS apresentaram coeficiente de correlação negativo. De acordo com Falconer; Mackay (1996) e Nogueira *et al.* (2012) o pleiotropismo

caracterizado quando um mesmo gene influencia na expressão de mais de um caractere é uma das causas de altas correlações entre diferentes caracteres. Essa informação pode contribuir para avanços em programas de melhoramento do tomateiro, aumentando a eficiência do processo de seleção e facilitando a escolha de progenitores para futuros cruzamentos.

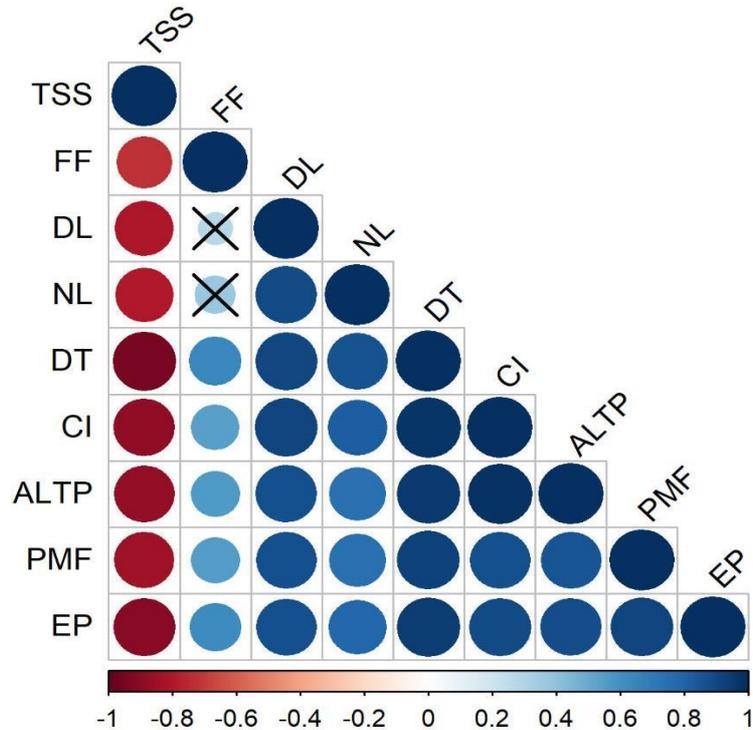


Figura 3. Correlações genótípicas entre nove características de tomateiro. PMF: peso médio do fruto (g), TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix), DT: diâmetro transversal (cm); DL: diâmetro longitudinal (cm); FF: formate de fruto; EP: espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); CI: comprimento de internódio (cm); ALTP: altura de plantas (cm). X: Correlação não significativa. A área em azul representa correlação positiva, enquanto a área vermelha representa correlação negativa. Quanto mais escura a cor, maior o valor da correlação. Monte Carmelo, UFU, 2019-2020.

As populações UFU-Sci#11 e UFU-Sci#12 se destacaram tanto na análise univariada, como também na estimativa de ganho genético. Além disso, utilizando a dispersão gráfica das variáveis canônicas foi possível confirmar a dissimilaridade genética em relação ao genitor doador. O que indica que UFU-Sci#11 e UFU-Sci#12 possuem potencial agrônomo. Sugere-se que nas próximas etapas seja realizado o retrocruzamento utilizando estas populações para posteriormente obter híbridos provenientes de linhagens anãs do tipo Santa Cruz.

CONCLUSÃO

Com um retrocruzamento apenas, foi possível obter populações anãs com incrementos expressivos para o segmento de tomate Santa Cruz.

Correlações genéticas de alta magnitude foram observadas entre os caracteres (NL x DL), (DT x DL), (CI x DL), (CI x DT), (ALTP x CI), (PMF x DL), (PMF x DT) e (EP x DT).

As populações UFU-Sci#11 e UFU-Sci#12 se destacaram, sendo indicadas para as próximas gerações de retrocruzamento e posterior obtenção de linhagens anãs com frutos tipo Santa Cruz.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2013.

BORÉM, A., MIRANDA, G. V., FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de Plantas**. 6.ed. Viçosa: Editora UFV, 2017.

CHAKRABORT, I. *et al.* Studies on processing and nutritional qualities of tomato as influenced by genotypes and environment. **Vegetable Science**, [S. l.], v. 34 n. 1, p. 26-31, 2007. Disponível em: <https://worldveg.tind.io/record/37370/>. Acesso em: 15 fev. 2020.

COSTA, M. M. *et al.* Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.11, p. 1095-1102, 2004. DOI: 10.1590/S0100-204X2004001100007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2004001100007&script=sci_arttext. Acesso em: 15 fev. 2020.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514p.

CRUZ, D. C. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, Paraná, Brazil, v. 38, n.4, p.547-552, 2016.

DELEO, J. P. B.; BRITO JUNIOR, J. S.; PARANHOS, G. G. **Especial tomate: gestão sustentável**. Hortifruti Brasil, Piracicaba, v. 15, n. 157, p. 10-23, jun. 2016. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/especial-tomate-custo-para-se-produzir-um-hectare-de-tomate-ultrapassa-r-100-mil.aspx>. Acesso em: 15 fev. 2020.

EPSKAMP, S. *et al.* qgraph: Network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of Statistical Software**, v. 48, n. 4 p. 1-18, 2012. DOI: 10.18637/jss.v048.i04. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1048.8270&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. United Kingdom: Longman Scientific and Technical, Harlow, 1996. 464p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) OF THE UNITED NATIONS. **Production of Food and Agricultural Products**. 2016. Available in: <<http://faostat.fao.org>>. Acces in: 16 apr. 2020.

FERREIRA, M. A. J. F. *et al.* Correlações genótípicas, fenótípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 21, n. 3, p. 438-442, 2003. DOI: 10.1590/S0102-05362003000300004. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362003000300004&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 fev. 2020.

FIGUEIREDO, A. S. T. *et al.* Comportamento de plantas de tomateiro indeterminado na presença de regulador de crescimento. **Revista Campo Digital**, Campo Mourão, v. 10, n. 1, p.31-40, 2015. DOI: Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/1830>. Acesso em: 15 fev. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Growth habit in mini tomato hybrids from a dwarf line. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n.1, p. 52-56, jan/fev. 2017b. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n1a2017-35763>. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/35763>. Acesso em: 15 set. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic performance of mini-tomato hybrids from dwarf lines. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 41, p. 15-21, jan/fev, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542017411021416>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542017000100015&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Soluble solids due to the truss position in minitomato hybrids from dwarf lines. **Agrarian**, Dourados, v. 12, n. 43, p. 33-39, 2019. DOI: 10.30612/agrarian.v12i43.8948. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/8948>. Acesso em: 15 fev. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic potential of BC1F2 dwarf round tomato populations. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.44, p. 1-8, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044028819>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542020000100205&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

GARCÍA-FORTEA, E. *et al.* First successful backcrossing towards eggplant (*Solanum melongena*) of a New World species, the silverleaf nightshade (*S. elaeagnifolium*), and characterization of interspecific hybrids and backcrosses. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 246, n. 4, p.563-573, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818307994?casa_token=u0w1rVw4u3QAAAAA:almDNwLyJNlB3v67N3BoHLjkn8WNUlosfTBgDAsGSF6IH265DhJLImDebnurRATiMouwS5afto. Acesso em: 15 fev. 2020.

GONÇALVES NETO, A. C. *et al.* Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de acilaçúcares nas folhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 203-208, abr/jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200011>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362010000200011&script=sci_arttext. Acesso em: 15 fev. 2020.

Gonçalves, 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: GMR**, Ribeirão Preto, SP Brasil, v.8, n. 1, p. 364-374, 2009. DOI: 10.4238/vol8-1gmr549. Disponível em: <https://geneticsmr.com/year2009/vol8-1/pdf/gmr549.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. In: **IBGE**. Rio de Janeiro: [S. l.], 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

Kader, A. A. *et al.* Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, Virginia, v. 103, n. 1, p. 6-13, 1978. Disponível em:

https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Composition%20and%20flavor%20quality%20of%20fresh%20market%20tomatoes%20as%20influenced%20by%20some%20postharvest%20handling%20procedures&publication_year=1978&author=A.A.%20Kader&author=L.L.%20Morris&author=M.A.%20Stevens&author=M.%20Albright-Holten. Acesso em: 15 fev. 2020.

LUZ, J. M. Q. *et al.* Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 483-490, 2016. DOI: 10.1590/s0102-053620160406. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362016000400483&script=sci_arttext. Acesso em: 15 fev. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Mini tomato genotypes resistant to the silverleaf whitefly and to two-spotted spider mites. **Genetics and molecular research: GMR**, Ribeirão Preto, SP Brasil, v. 16, n.1, p.1-9, 2017. DOI: 10.4238/gmr16019539. Disponível em:

<http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2017/vol16-1/pdf/gmr-16-01-gmr.16019539.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Influência da época de colheita no teor de sólidos solúveis em frutos de minitomate. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 11, n. 12, p. 1-6, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2015.120203>. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/e23f/921f5ebafa1e4f6723d420bf8b46ef1d8f37.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

MACIEL, G. M.; SILVA, E. C.; FERNANDES, M. A. R. Ocorrência de nanismo em planta de tomateiro do tipo grape. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.28, n. 4, p. 259-264, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n429rc>. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21252015000400259&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set 2020.

MARIM B. G. *et al.* Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1283-1289, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009001000011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2009001000011&script=sci_arttext. Acesso em: 15 fev. 2020.

MELO, C. A. F. *et al.* Multivariate analysis of backcross progeny of *Passiflora L.* (Passifloraceae) for pre-breeding genotype selection. **Genetics and Molecular Research: GMR**, Ribeirão Preto, SP Brasil, v. 14, n. 4, p. 15376-15389, 2015. DOI: 10.4238/2015.November.30.15. Disponível em:

<https://www.geneticsmr.org/articles/multivariate-analysis-of-backcross-progeny-of->

passiflora-l-passifloraceae-for-prebreeding-genotype-selection.pdf. Acesso em: 15 fev. 2020.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Citology**, Alexandria, v.7, p40-51, maio. 1978.

NICK, C. *et al.* Seleção simultânea para qualidade do fruto e resistência à requeima em progênies de tomateiro, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 1, p. 59-65, jan. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000100008>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v48n1/08.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

Nogueira, A. P. O. *et al.* Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p.877-888, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/14576>. Acesso em: 15 fev. 2020.

OLIVEIRA, R. S. de *et al.* Divergência genética em mamona utilizando a estratégia ward-mlm. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, Ceará, v. 44, n. 3, p. 564-570, 2013. DOI: 10.1590/S1806-66902013000300019. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/2071>. Acesso em: 15 fev. 2020.

R Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://cran.microsoft.com/snapshot/2014-09-08/web/packages/dplR/vignettes/xdate-dplR.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2020.

Rezende J. C. *et al.* Genetic progress in coffee progenies by different selection criteria. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p.347-353, 2014. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8059>. Acesso em: 15 fev. 2020.

RODRIGUES, G. B. *et al.* Análise de trilha de componentes de produção primários e secundários em tomateiro do grupo Salada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 2, p.155-162, 2010. DOI: 10.1590/S0100-204X2010000200006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2010000200006&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 fev. 2020.

ROSADO, L. D. S. *et al.* Simultaneous selection in progenies of yellow passion fruit using selection indices. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p. 95-101, jan./fev. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rceres/v59n1/a14v59n1.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

SCHWARZ, K. *et al.* Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, n. 3, p. 410-418, jul./set. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000300011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v31n3/11.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

SHIRAHIGE, F. H. *et al.* Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.3, p. 292-298, 2010. DOI: 10.1590/S0102-05362010000300009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362010000300009&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

SIDDIQUI, M. W.; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 55, n.13, p. 1819-1835, 2015. DOI: 10.1080/10408398.2012.710278. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2012.710278>. Acesso em 15 set. 2020.

VALADARES, R. N. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos e correlações em acessos de melão do grupo momordica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 557-563, 2017. DOI: 10.1590/s0102-053620170413. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362017000400557&script=sci_arttext. Acesso em: 15 fev. 2020.

VASCONCELOS, E. S. *et al.* Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 205-210, 2010. DOI: 10.1590/S0034-737X2010000200011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-737X2010000200011&script=sci_arttext. Acesso em: 15 fev. 2020.

CAPÍTULO II

USO DA INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL NO ESTUDO DA DISSIMILARIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE POPULAÇÕES F_3RC_1 DE TOMATEIRO ANÃO TIPO SANTA CRUZ

USO DA INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL NO ESTUDO DA DISSIMILARIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE POPULAÇÕES F₃RC₁ DE TOMATEIRO ANÃO TIPO SANTA CRUZ

RESUMO

O objetivo deste estudo foi estimar a divergência genética e selecionar populações F₃RC₁ de tomateiro anão pertencentes ao segmento Santa Cruz por técnicas de inteligência computacional. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Monte Carmelo. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 17 tratamentos e quatro repetições. O material genético avaliado constituiu-se de treze populações de tomateiro anão obtidas por um retrocruzamento e duas autofecundações, mais ambos os genitores (recorrente e doador) e duas testemunhas comerciais. As características avaliadas foram: peso médio do fruto, teor de sólidos solúveis, diâmetro de fruto, comprimento de fruto, formato do fruto, espessura da polpa, número de lóculos, comprimento entre internódios e teores de acilacúcar, β-caroteno e licopeno. Os dados foram analisados por meio de teste de médias e a divergência genética foi mensurada utilizando a Distância generalizada de Mahalanobis a partir do método hierárquico de Ligação Média entre grupos (UPGMA) e por meio da inteligência computacional empregando-se os Mapas Auto Organizáveis de Kohonen (SOM). Por meio de ambas metodologias foi possível confirmar a dissimilaridade genética em relação ao genitor doador. Entretanto, o SOM foi capaz de detectar diferenças e organizar as similaridades entre as populações de forma mais coerente, resultando em maior número de grupos. Ademais as técnicas de inteligência computacional possibilitam a verificação dos pesos de cada variável na formação dos grupos. Dentre as populações F₃RC₁ destacaram-se UFU-SC#3 e UFU-SC#5 quanto aos caracteres agronômicos e UFU-SC#10 e UFU-SC#11 quanto aos parâmetros de qualidade.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum.*; nanismo; Mapas Auto Organizáveis de Kohonen.

USE OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE IN THE GENETIC DIVERGENCE AND SELECTION OF BC₁F₃ POPULATIONS OF SANTA CRUZ TYPE SWARF TOMATO

ABSTRACT

The aim of this study was to estimate genetic divergence and select BC₁F₃ populations of dwarf tomato plant within the Santa Cruz segment by computational intelligence techniques. The experiment was conducted in a greenhouse in the Vegetable Crop Experimental Station of the Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Monte Carmelo, MG, Brazil. A randomized block experimental design was used with 17 treatments and four replications. The genetic material evaluated comprised thirteen dwarf tomato plant populations obtained by a backcross and two self-fertilizations, plus both parents (recurrent and donor), and two commercial check varieties. The traits evaluated were mean fruit weight, soluble solids content, fruit diameter, fruit length, fruit shape, pulp thickness, number of locules, distance between internodes, and acylsugar, β -carotene, and lycopene content. The data were analyzed by means testing, and genetic divergence was measured using Mahalanobis generalized distance by the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) and through computational intelligence using Kohonen self-organizing maps (SOM). Genetic dissimilarity in relation to the donor parent could be confirmed through both methodologies. However, the SOM was able to detect differences and organize the similarities among the populations in a more consistent manner, resulting in a larger number of groups. In addition, the computational intelligence techniques allow the weight of each variable in formation of the groups to be ascertained. Among the BC₁F₃ populations, UFU-SC#3 and UFU-SC#5 stood out for agronomic traits, and UFU-SC#10 and UFU-SC#11 stood out for quality parameters.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; dwarfism; Kohonen self-organizing maps.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) possui grande relevância socioeconômica, sendo uma das culturas vegetais mais cultivadas em todo mundo (Gerszberg and Hnatuszko-Konga, 2017). Em 2018, a produção mundial foi de aproximadamente 244 milhões de toneladas ocupando cerca de 5.8 milhões de hectares (FAO, 2019). Devido à sua grande diversidade, o tomate pode ser classificado em diferentes segmentos: Santa Cruz, Caqui, Salada, Saladete (Italiano) e Minitomate (Alvarenga, 2013). Dentre os diferentes segmentos, os híbridos pertencentes ao grupo Santa Cruz apresentam frutos de maior durabilidade pós-colheita aliado a um alto potencial produtivo e características organolépticas superiores, quando comparados aos tomates longa vida convencionais (Shirahige *et al.*, 2010).

O elevado custo de produção e elevada suscetibilidade a estresses bióticos e abióticos fazem com que a tomaticultura seja considerada de alto risco (Deleo *et al.* 2019). Assim, a fim de ampliar a produtividade e qualidade dos frutos assegurando a rentabilidade, têm sido proposta alteração do espaçamento de cultivo (Wanser *et al.*, 2012), avaliação de diferentes épocas de colheita (Maciel *et al.*, 2015b) e o uso de estimulantes (Seleguine *et al.*, 2016). Adicionalmente, há relatos dos benefícios da redução dos internódios por meio do melhoramento genético resultando em plantas mais compactas e, conseqüentemente, maior número de pencas por metro linear de haste (Finzi *et al.*, 2017a). Desse modo, a obtenção de plantas mais compactas que proporcionam maior produtividade (Finzi *et al.*, 2020), deve ser um dos objetivos de programas de melhoramento do tomateiro.

Neste sentido, o sucesso dos programas de melhoramento depende da existência de variabilidade genética (Santos *et al.*, 2019). A fim de mensurar essa dissimilaridade genética várias técnicas têm sido utilizadas para tratar os dados durante avaliações de plantas anãs de tomateiro (Maciel, Silva, Fernandes, 2015a; Finzi *et al.*, 2017a; Finzi *et al.*, 2020). Entretanto, um dos grandes entraves tem sido a dificuldade em encontrar qual método estatístico é o mais adequado para avaliar múltiplas características em germoplasma de tomateiro anão. Uma alternativa seria o uso de técnicas de inteligência computacional pelas Redes Neurais Artificiais (RNA) que tem se mostrado promissora em diferentes áreas do melhoramento genético (Santos *et al.*, 2019).

Portanto, está pesquisa tem como objetivo estimar a dissimilaridade genética e selecionar populações F₃RC₁ de tomateiro anão pertencentes ao segmento Santa Cruz por técnicas de inteligência computacional.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado no período de outubro de 2019 a março de 2020 na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Monte Carmelo, MG (18°42'43,19" S, 47°29'55,8" W e altitude de 873 m). As plantas foram cultivadas em casa de vegetação do tipo arco (7 x 21 m), com pé direito de 4 metros, coberta com filme de polietileno transparente de 150 micra aditivado contra raios ultravioleta e cortinas laterais de tela branca anti-afídeo.

O material genético avaliado consistiu de 13 populações de tomateiro anão obtidas de duas autofecundações de um primeiro retrocruzamento (F_3RC_1) após hibridação de uma linhagem pré-comercial homozigota com padrões de fruto do tipo Santa Cruz (UFU-TOM-Mother-2) *versus* linhagem anã UFU MC TOM1 (Maciel; Silva; Fernandes, 2015a) mais ambos os genitores e as testemunhas comerciais Santa Cruz KADA e Santa Clara, totalizando 17 tratamentos. O acesso silvestre *Solanum pennellii* presente nesta pesquisa foi utilizado somente para a comparação da variável relacionada à resistência a artropodes praga. As populações F_3RC_1 e os genitores pertencem ao banco de germoplasma de tomateiro da UFU. As testemunhas comerciais e o genitor recorrente se caracterizam por possuir hábito de crescimento indeterminado e frutos vermelhos do tipo Santa Cruz. Por outro lado, UFU MC TOM1 é uma linhagem homozigota para porte anão com hábito de crescimento indeterminado e frutos oblongos do tipo minitomate (Finzi *et al.*, 2017b; Maciel; Silva; Fernandes, 2015a), utilizada como genitor doador. Pela expressão do fenótipo anão ser de origem recessiva e monogênica (Maciel; Silva; Fernandes, 2015a), os retrocruzamentos foram realizados para transferência de alelo recessivo.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno (200 células) em 03 de outubro de 2019. O transplântio ocorreu 36 dias após a semeadura para vasos plásticos com capacidade para cinco litros. Tanto nas bandejas quanto nos vasos foi utilizado substrato comercial a base de fibra de coco. Durante toda a condução do experimento, os tratamentos culturais foram realizados conforme preconizado para a cultura do tomateiro cultivado em ambiente protegido (ALVARENGA, 2013). O genitor recorrente e as testemunhas comerciais foram conduzidos verticalmente com duas hastes no sistema de tutoramento por fitilhos.

Na sequência do experimento utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 17 tratamentos e quatro repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por seis plantas, distribuídas em fileiras duplas no espaçamento de 0,3 x 0,3 m. Entre as linhas duplas foi utilizado espaçamento de 0,8 m, totalizando 360 plantas.

As colheitas foram realizadas semanalmente, no período de 03 de janeiro a 06 de março de 2020, totalizando dez colheitas. Os frutos de cada parcela experimental foram colhidos em estágio de maturação completa, sendo avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

Peso médio do fruto (g) (PMF): razão entre a massa e o número de frutos colhidos da parcela.

Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) (TSS): Após a colheita, estes foram analisados quanto ao teor de sólidos solúveis totais utilizando Refratômetro Digital Portátil (Atago PAL-1 3810).

Diâmetro de fruto (cm) (DF): obtido com auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando seu comprimento horizontal.

Comprimento de fruto (cm) (CF): obtido com auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando seu comprimento vertical.

Formato do fruto (FF): obtido pela relação entre o diâmetro transversal e longitudinal (DT/DL). O genitor recorrente, e testemunhas comerciais foram utilizados como referências do segmento Santa Cruz para permitir a classificação dos frutos.

Espessura da polpa (cm) (EP): obtido com auxílio de régua após cortar o fruto verticalmente ao meio, mensurando o comprimento entre a casca do fruto e o início do lóculo.

Número de lóculos (lóculos frutos⁻¹) (NL): obtido após o corte do fruto horizontalmente ao meio, contabilizando o número de lóculos.

Comprimento entre internódios (cm) (CI): obtido pela equação: [(altura da planta/número de nós)], em duas plantas centrais da parcela.

Teor de acilacúcar (nmols/cm² folha) (AA): obtido 75 DAS, utilizando amostra composta por oito discos foliares (equivalente a 4,2 cm²) de cada planta da parcela. Os discos foram coletados de folíolos do terço superior das plantas e acondicionados em tubos de ensaio. A extração e quantificação seguiu metodologia adaptada por Maciel & Silva (2014).

Quanto aos caracteres nutricionais foi realizada a extração e quantificação dos teores de β -caroteno e licopeno de acordo com metodologia adaptada de Nagata e Yamashita

(1992), Rodrigues-Amaya (2001), Rodrigues-Amaya; Kimura (2004). A polpa do fruto foi triturada e posteriormente, 1g da massa obtida foi acondicionada em frasco de vidro contendo 3 mL de acetona 80%. As amostras foram mantidas na ausência de luz a uma temperatura de 8°C pelo período de 48 horas. Em seguida, foram obtidas as absorvâncias pelo método de espectrofotometria utilizando os comprimentos de onda de 450 nm para β -caroteno e 470 nm para licopeno.

Após a verificação das pressuposições pela análise de normalidade (Teste de Kolmogorov-Smirnov), homogeneidade (Teste de Oneill e Mathews) e aditividade (Teste de não aditividade de tukey) utilizou-se a transformação de dados \sqrt{x} para PMF e $\text{Log } x + 1.0$ para número de lóculos, sendo tabelado os valores reais destas variáveis.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de dissimilaridade genética obtida por meio da matriz de distância generalizada de Mahalanobis e representada por dendrograma obtido pelo método hierárquico *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA). A validação do agrupamento pelo método UPGMA foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético (CCC).

A inteligência computacional foi utilizada para determinar a similaridade entre as populações, por meio de uma classe de redes neurais, utilizando os mapas auto-organizáveis de Kohonen (SOM). O aprendizado de SOM é alcançado basicamente em três estágios. Inicialmente, pesos sinápticos são atribuídos aos diferentes neurônios e em seguida, ocorre um processo de competição. O conjunto de valores genéticos de cada genótipo é alocado ao neurônio que melhor o representa (neurônio vencedor). A partir desta alocação inicia-se a fase de comparação, onde o neurônio vencedor determina a aproximação dos outros neurônios de acordo com a similaridade. Por fim, os neurônios estabelecem quais serão os neurônios vizinhos e passam para o estágio de adaptação, caracterizada por um ajuste de pesos para cada variável.

Para o treinamento da rede foram utilizadas 5000 épocas, com três neurônios em cada dimensão, raio igual a um alocados em nove neurônios organizacionais (três linhas x três colunas), topologia com vizinhança hexagonal, arquitetura de rede: *Feedforward* com uma camada de entrada (Médias) e um neurônio de saída e função de ativação do tipo Distância Euclidiana. Todas as análises foram realizadas no software GENES, integrado ao software R e Matlab (Cruz, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As populações de tomateiro anão F₃RC₁ se diferenciaram dos genitores e testemunhas comerciais para os caracteres agrônômicos referente ao fruto (Tabela 1) pelo teste de F ($\alpha = 0,05$), com exceção da característica de formato de fruto (FF), sendo em sua maioria, similares as testemunhas comerciais Santa Cruz KADA e Santa Clara, pertencentes ao segmento Santa Cruz. Os caracteres agrônômicos apresentaram coeficiente de determinação genotípica (h^2) superior a 70% e relação CVg/CVe superior a 0,90, evidenciando a sua confiabilidade durante o processo de seleção. O presente estudo destaca o progresso alcançado com a realização do primeiro retrocruzamento e duas gerações de autofecundação de populações F₃RC₁ anãs superiores de tomateiro pertencentes ao grupo Santa Cruz.

Tabela 1. Características agrônômicas avaliadas em populações F₃RC₁ de tomateiro anão, genitor recorrente, genitor doador, variedade Kada e cultivar Santa Clara.

Tratamentos ¹	PMF*	CF	DF	FF	EP	NL	CI	AA
UFU-SC#1	32.64 d	3.94 e	3.94 c	1.00 a	0.55 c	2.34 b	1.38 b	40.79 a
UFU-SC#2	34.05 d	4.13 e	3.92 c	1.05 a	0.61 c	2.56 c	1.42 b	42.78 a
UFU-SC#3	43.88 c	5.27 b	3.96 c	1.33 c	0.75 a	2.32 b	1.38 b	30.02 c
UFU-SC#4	34.00 d	4.23 e	3.88 c	1.09 a	0.63 b	2.26 b	1.28 a	39.25 b
UFU-SC#5	41.43 c	4.55 d	4.15 c	1.10 a	0.71 a	2.59 c	1.37 b	33.79 b
UFU-SC#6	26.94 e	4.28 e	3.43 e	1.25 b	0.55 c	2.43 c	1.71 c	25.33 c
UFU-SC#7	25.05 e	3.60 f	3.54 e	1.02 a	0.52 c	2.29 b	1.44 b	26.36 c
UFU-SC#8	22.32 e	3.58 f	3.37 e	1.06 a	0.54 c	2.46 c	1.39 b	25.64 c
UFU-SC#9	23.15 e	3.79 f	3.50 e	1.08 a	0.57 c	2.23 b	1.17 a	30.20 c
UFU-SC#10	28.99 e	4.58 d	3.72 d	1.24 b	0.57 c	2.56 c	1.24 a	37.35 b
UFU-SC#11	24.84 e	4.04 e	3.36 e	1.21 b	0.55 c	2.28 b	1.50 b	26.90 c
UFU-SC#12	25.91 e	3.97 e	3.75 d	1.06 a	0.56 c	2.15 a	1.29 a	28.25 c
UFU-SC#13	26.80 e	4.23 e	3.46 e	1.22 b	0.59 c	2.41 c	1.47 b	29.85 c
Recurrent genitor	104.05 a	6.71 a	5.45 a	1.23 b	0.74 a	5.64 d	5.12 e	20.75 c
Donor genitor	5.30 f	3.23 g	1.88 f	1.72 d	0.25 d	2.00 a	1.18 a	32.80 b
Santa Clara	55.50 b	4.92 c	4.59 b	1.07 a	0.72 a	2.76 c	4.50 d	20.00 c
Kada	58.71 b	5.21 b	4.56 b	1.14 a	0.75 a	2.50 c	4.57 d	25.10 c
<i>Solanum pennellii</i>	-	-	-	-	-	-	-	41.50 a
CV(%)	12.55	5.00	4.00	4.43	6.44	7.12	4.09	15.67
h^2	98.90	98.22	98.93	97.68	97.48	98.72	99.40	86.35
CVg/CVe	4.75	3.72	4.80	3.25	3.11	4.40	16.53	1,26

*PMF: peso médio do fruto (g), CF: comprimento de fruto (cm); DF: diâmetro de fruto (cm); FF: formato do fruto; EP espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); CI: comprimento de internódios (cm); AA: teor de açúcares (nmols/cm² folha). ¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

O peso médio dos frutos apresenta grande importância na cultura do tomateiro, estando diretamente ligado a qualidade e rendimento dos frutos (Souza *et al.*, 2012). Avaliando individualmente essa característica foi possível observar um expressivo incremento médio nas populações F₃RC₁ em relação ao genitor doador, destacando as populações UFU-SC#3 e UFU-SC#5 com acréscimos de 727.91% e 681,70% respectivamente.

Os frutos com maior espessura de polpa geralmente são mais firmes (Siddiqui, Ayala-Zavala and Dhua, 2015), e conseqüentemente, mais resistentes a danos físicos durante o transporte e menos sujeitos à deformação e rachadura do fruto (Amaral Júnior *et al.*, 2017). Neste sentido, a espessura de polpa de todas as populações F₃RC₁ foi superior ao genitor doador, expressando incremento médio de 136%. Outra característica associada a firmeza dos frutos é o número de lóculos, sendo que quanto menor o número de lóculos mais firmes são os frutos (Siddiqui *et al.*, 2015). Assim, destacaram-se as populações UFU-SC#1, UFU-SC#3, UFU-SC#4, UFU-SC#7, UFU-SC#9, UFU-SC#11 e UFU-SC#12 com menor número de lóculos que as testemunhas comerciais e genitor recorrente.

Quanto ao tamanho dos frutos representado pelos seus diâmetros e comprimentos, foram observados incrementos médios de 96.28% e 29.10%, respectivamente. O tamanho dos frutos afeta diretamente o tomaticultor, que ao produzir frutos de tamanho reduzido enfrenta dificuldade de colocar o seu produto no mercado de forma competitiva (Nascimento *et al.*, 2013).

Dentre as populações F₃RC₁ anãs avaliadas destacaram-se UFU-SC#3 e UFU-SC#5, que se sobressaíram em todas características até aqui abordadas (Figura 1). Finzi *et al.* (2020) também relataram sucesso na obtenção de populações F₂RC₁ anãs de tomateiro pertencentes ao segmento Salada, corroborando com o observado no presente estudo.

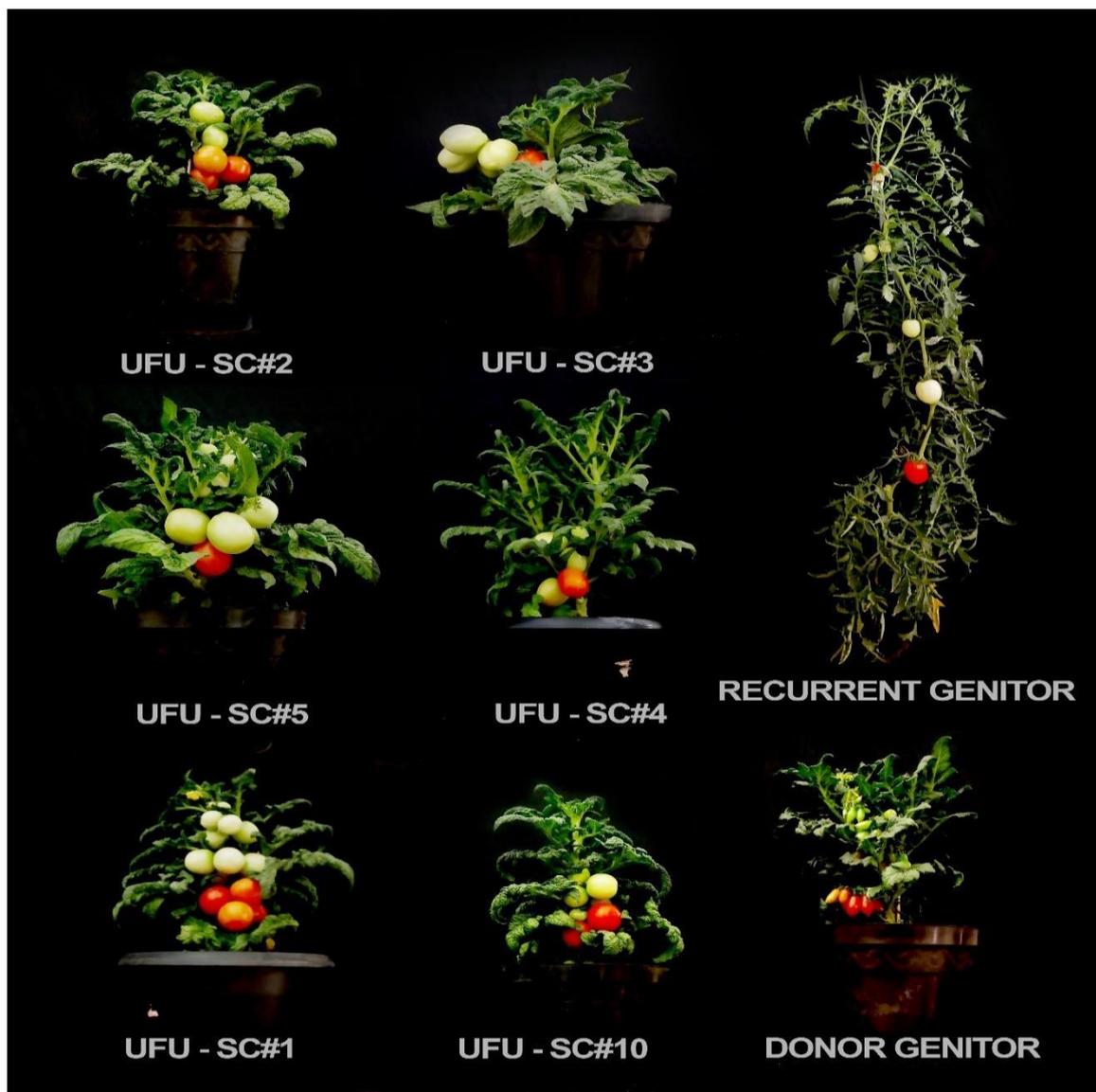


Figura 1. Comparação entre os fenótipos do genitor doador, genitor recorrente e populações F_3RC_1 UFU-SC#1, UFU-SC#2, UFU-SC#3, UFU-SC#4, UFU-SC#5 e UFU-SC#10 quanto a parâmetros agrônômicos.

Segundo Siddiqui *et al.* (2015) o formato do fruto é outro atributo ligado a qualidade nutricional e uniformidade. Neste estudo as populações UFU-SC#1, UFU-SC#2, UFU-SC#4, UFU-SC#5, UFU-SC#7, UFU-SC#8, UFU-SC#9 e UFU-SC#12 apresentaram formato de fruto redondo, característico do grupo Santa Cruz (Lima *et al.*, 2014).

Além de características relacionadas aos frutos, os programas de melhoramento de tomate destinado ao consumo *in natura* têm adotado a estratégia de introgressão de alelos de resistência a insetos (Silva *et al.*, 2013). Diversos estudos comprovaram que genótipos com altos teores de aleloquímicos nas folhas, como acilaúcares e 2-tridecanona,

conferem resistência a mosca branca e outros artrópodes praga (NEIVA *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2019).

No presente estudo as populações UFU-SC#1 (40.79nmols/cm²) e UFU-SC#2 (42.78nmols/cm²) não diferiram quanto aos teores de acilaçúcar da espécie silvestre *S. pennellii* (41.49nmols/cm²) comumente utilizada como genitor doador de alelos de resistência a praga. Estes genótipos apresentaram teores superiores aos observados em ambos genitores, cultivar Santa Clara, variedade Kada e demais populações F₃RC₁. Resultado que evidencia o potencial que as populações F₃RC₁ anãs com altos teores de acilaçúcar possuem como fontes de resistência a artrópodes praga.

Com relação ao comprimento do entrenó, todas as populações F₃RC₁ anãs apresentaram valores inferiores aos observados no genitor recorrente, cultivar Santa Clara e variedade Kada, que expressaram comprimento de entrenó igual ou superior a 4.50 cm. Dentre as populações F₃RC₁ destacaram-se UFU-SC#4, UFU-SC#9, UFU-SC#10 e UFU-SC#12 com menores comprimento de entrenó. O melhoramento visando a obtenção de variedade de tomateiro com reduzido comprimento de entrenó e, consequentemente, melhor arquitetura de planta é uma tendência do mercado futuro (Sun *et al.*, 2019). Panthee e Gardner (2013a), Panthee e Gardner (2013b) e Finzi *et al.* (2017a) relataram que a obtenção de tomateiro com arquitetura compacta resultou em maior produtividade.

Quanto aos teores de sólidos solúveis (TSS), β-caroteno (TC) licopeno (TL), as populações F₃RC₁ de tomateiro anão diferiram do genitor doador, genitor recorrente, variedade Kada e cultivar Santa Clara apenas para TSS e TL (Tabela 2).

Tabela 2. Características de qualidade de fruto avaliadas em populações F₃RC₁ de tomateiro anão, genitor recorrente, genitor doador, variedade Kada e cultivar Santa Clara.

Tratamentos	TSS	TC	TL
UFU-SC#1	4.25 c	2.00 a	2.44 b
UFU-SC#2	5.22 b	1.48 a	2.19 b
UFU-SC#3	4.46 c	1.78 a	2.32 b
UFU-SC#4	4.38 c	1.77 a	2.58 a
UFU-SC#5	4.11 c	1.36 a	2.13 b
UFU-SC#6	4.03 c	1.60 a	2.25 b
UFU-SC#7	5.22 b	1.47 a	2.10 b
UFU-SC#8	5.47 b	1.92 a	2.94 a
UFU-SC#9	5.10 b	1.12 a	1.90 b

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 2

Tratamentos	TSS	TC	TL
UFU-SC#10	5.23 b	2.10 a	2.87 a
UFU-SC#11	5.34 b	1.50 a	2.58 a
UFU-SC#12	4.48 c	1.25 a	2.00 b
UFU-SC#13	5.21 b	1.41 a	2.11 b
Recurrent genitor	5.67 b	2.24 a	2.91 a
Donor genitor	6.65 a	1.68 a	2.75 a
Santa Clara	6.15 a	1.98 a	2.72 a
Kada	5.74 b	2.05 a	2.21 b
CV(%)	7.26	28.91	14.03
h ²	93.63	43.82	74.84
CVg/CVe	1.92	0.45	0.87

TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix); TC: teor de β -caroteno (mg/100mg); TL: teor de licopeno (mg/100mg). Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0.05.

O TSS é o principal constituinte de qualidade de pós-colheita nos frutos de tomate, sendo diretamente ligado ao sabor do fruto (Beckles, 2012). No presente estudo, dentre as populações F₃RC₁ anãs, destacaram-se UFU-SC#2 (5.22 °Brix), UFU-SC#7 (5.22 °Brix), UFU-SC#8 (5.47 °Brix), UFU-SC#9 (5.10 °Brix), UFU-SC#10 (5.23 °Brix), UFU-SC#11 (5.34 °Brix) e UFU-SC#13 (5.21 °Brix). Para tomates de mesa, teores de sólidos solúveis de 3.0 °Brix já são considerados ideais (Schwarz *et al.*, 2013). Assim, todas populações F₃RC₁ anãs são promissoras para o desenvolvimento de linhagens anãs destinadas ao segmento Santa Cruz.

Quanto aos teores de β -caroteno, importante nutriente que atua na prevenção de diversas doenças (Baldet *et al.*, 2014), não foi verificada diferenças expressivas entre os genótipos. Entretanto, quanto aos teores de licopeno, carotenoide que possui como principal fonte o fruto do tomateiro e que atua na proteção contra doenças cardiovasculares e diversos tipos de câncer (Salvia-Trujillo *et al.*, 2016), destacaram-se as populações anãs UFU-SC#4 (2.58 mg/100mg), UFU-SC#8 (2.94 mg/100mg), UFU-SC#10 (2.87 mg/100mg) e UFU-SC#11 (2.58 mg/100mg). Assim, as populações F₃RC₁ anãs: UFU-SC#8, UFU-SC#10 e UFU-SC#11 mostraram-se promissoras quanto aos parâmetros de qualidade de fruto, pois apresentaram TSS e TL superiores aos observados nas testemunhas comerciais, além de não diferirem das mesmas quanto aos teores de β -caroteno.

Para as próximas etapas sugere-se a realização de mais duas gerações de retrocruzamentos, assim como realizado por Gonçalves *et al.* (2010) resultando na

obtenção de linhagens anãs com fruto padrão comercial, e posterior, obtenção de híbridos de tomateiro pertencentes ao grupo Santa Cruz, provenientes de tais linhagens como obtido por Finzi *et al.* (2017a). Deste modo, torna-se importante utilizar estratégias de seleção que permitam a obtenção de populações anãs superiores, como o uso de diferentes medidas de dissimilaridade (Araujo *et al.*, 2016).

A dissimilaridade estimada pela distância generalizada de Mahalanobis entre as plantas anãs variou de 5.32 (UFU-SC#11 e UFU-SC#13) a 655.07 (genitor doador e UFU-SC#3), evidenciando a diversidade genética entre as populações anãs (dados não apresentados). Em programas de melhoramento, recomenda-se a seleção de linhagens com a maior divergência possível (Cruz *et al.*, 2011). Para visualização dessa dissimilaridade foi utilizado o dendrograma obtido pelo método UPGMA (Figura 2) e o modelo de rede de Mapas auto-organizáveis de Kohonen – SOM (Figura 3).

Para o método de agrupamento UPGMA, o corte no dendrograma foi realizado considerando 10% de variabilidade genética, o que possibilitou a divisão dos genótipos em quatro grupos distintos, critério este definido considerando a mudança abrupta de nível (Cruz *et al.*, 2012).

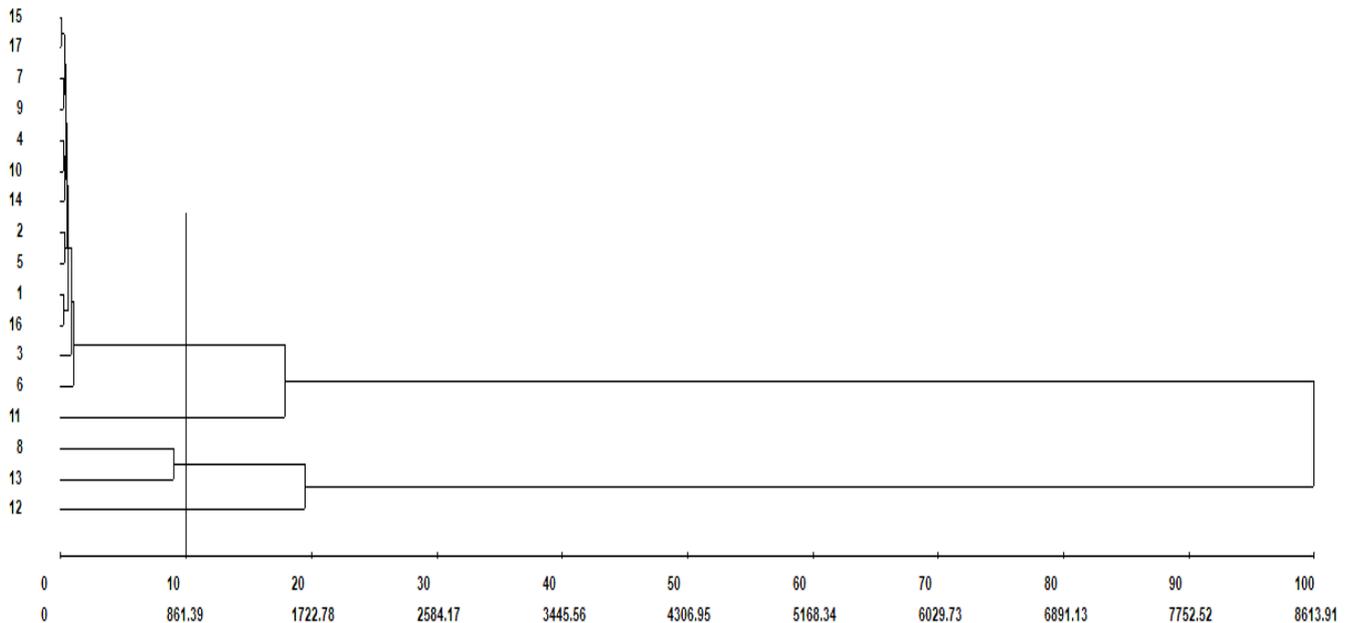


Figura 2. Dissimilaridade genética obtida pelo Método Hierárquico de ligação média “UPGMA” como medida de dissimilaridade. 1-UFU-SC#1; 2-UFU-SC#2; 3-UFU-SC#3; 4-UFU-SC#4; 5-UFU-SC#5; 6-UFU-SC#6; 7-UFU-SC#7; 8-UFU-TOM-Mother-2; 9-UFU-SC#8; 10-UFU-SC#9; 11-Donor Genitor; 12-Cultivar Santa Clara; 13-Variedade Kada; 14-UFU-SC#10; 15-UFU-SC#11; 16-UFU-SC#12; 17- UFU-SC#13.

O grupo I reuniu todas populações F₃RC₁ anãs, o grupo II foi constituído pelo genitor doador, o grupo III reuniu o genitor recorrente e variedade Kada e o grupo IV apenas a cultivar Santa Clara. O sucesso do primeiro retrocruzamento pode ser comprovado a

partir da separação do genitor doador e populações F₃RC₁ anãs, devido a melhoria do desempenho agrônomo das populações F₃RC₁. Maciel *et al.* (2018) comparando diferentes métodos de análise multivariada para avaliação da dissimilaridade genética em tomateiro constataram a eficácia deste método na separação de grupos.

Além dos métodos estatísticos tradicionalmente aplicados na separação de grupos, como os métodos de otimização de Tocher e UPGMA, recentemente tem-se utilizado as técnicas de redes neurais artificiais (RNA's) para a classificação de genótipos. Destacando-se para a avaliação da dissimilaridade genética os Mapas auto organizáveis de Kohonen – SOM (Oliveira *et al.*, 2020). Técnica que devido a sua estrutura não linear possibilita a detecção de características mais complexas no conjunto de dados (Barbosa *et al.*, 2011).

O mapa é organizado em uma estrutura topológica que reflete a similaridade entre os genótipos em estudo (Santos *et al.*, 2020). Desse modo, neurônios próximos indicam semelhança entre as populações contidas nestes neurônios, populações mais divergentes são representadas por neurônios localizados nas regiões mais extremas e populações com semelhança intermediária estão alocadas em neurônios situados no centro do mapa auto organizável.

Empregando o método de SOM, dos nove neurônios estabelecidos com três linhas e três grades para o comando, as 17 populações foram classificadas e oito classes foram preenchidas, formando oito grupos (Figura 3).

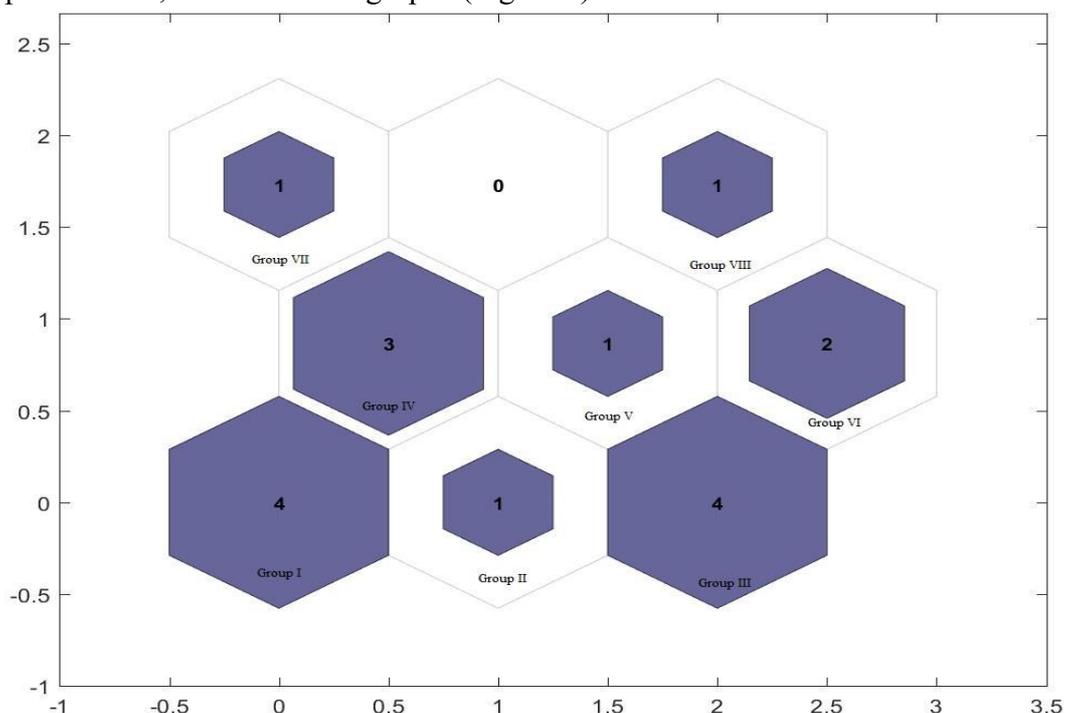


Figura 3. Mapa topológico de Kohonen para nove classes 3x3 de raio 2.

A classificação das populações de tomateiro nas classes e a constituição dos oito grupos preenchidos, por meio do mapa de kohonen pode ser visualizada na figura 4. O grupo I reuniu as populações F₃RC₁ anãs: UFU-SC#7, UFU-SC#9, UFU-SC#12 e UFU-SC#13; o grupo II foi constituído pela população UFU-SC#5; o grupo III reuniu as populações UFU-SC#1, UFU-SC#2, UFU-SC#4 e UFU-SC#10; o grupo IV foi formado pelas populações UFU-SC#6, UFU-SC#8 e UFU-SC#11; o grupo V pela população UFU-SC#3; o grupo VI pela cultivar Santa Clara e variedade Kada; o grupo VII pelo genitor doador e o grupo VIII pelo genitor recorrente.

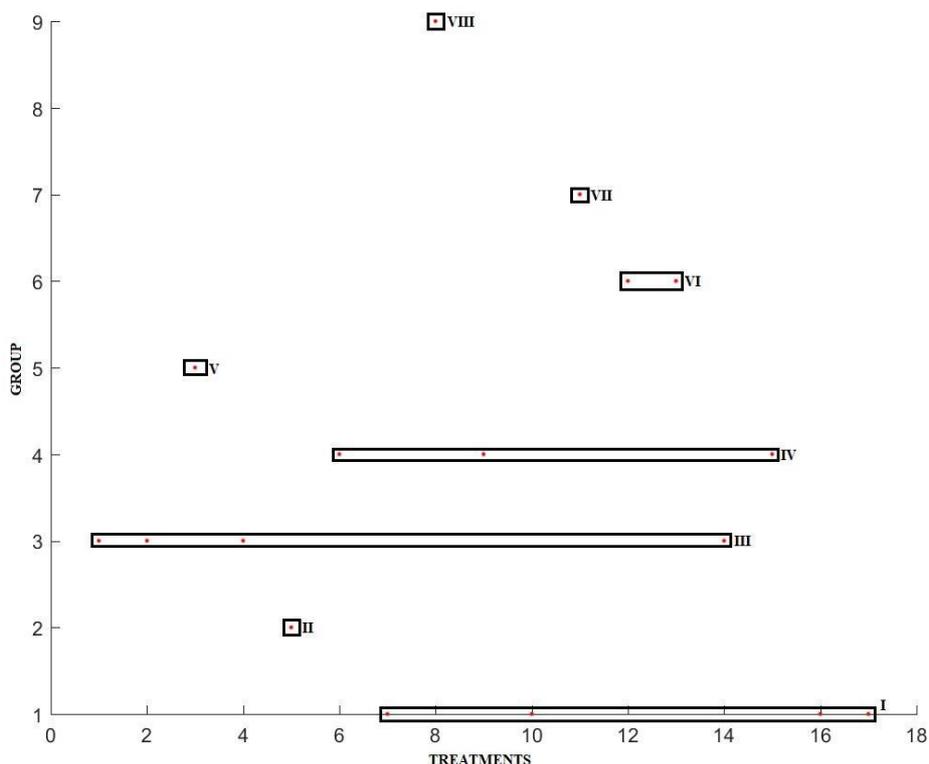


Figura 4. Mapa auto-organizável de Kohonen, classificação das observações dos agrupamentos (3x3 de raio 1) dos genótipos nas classes formadas por meio de rede neural artificial. Treatments (1-UFU-SC#1; 2-UFU-SC#2; 3-UFU-SC#3; 4-UFU-SC#4; 5-UFU-SC#5; 6-UFU-SC#6; 7-UFU-SC#7; 8-UFU-TOM-Mother-2; 9-UFU-SC#8; 10-UFU-SC#9; 11-Donor Genitor; 12-Cultivar Santa Clara; 13-variedade Kada; 14-UFU-SC#10; 15-UFU-SC#11; 16- UFU-SC#12; 17- UFU-SC#13).

Assim, como observado pelo método UPGMA todas as populações F₃RC₁ anãs se diferenciaram do genitor doador, sendo alocadas em grupos distintos. O que reafirma o fato de que o primeiro retrocruzamento promoveu incrementos nas populações, resgatando parte da constituição genética do genitor recorrente. Entretanto, utilizando UPGMA todas as populações F₃RC₁ anãs foram alocadas em um mesmo grupo, enquanto que por SOM as populações F₃RC₁ foram distribuídas entre os grupos I, II, III, IV e V.

Dentre as populações F_3RC_1 podemos destacar as populações UFU-SC#3 e UFU SC#5 que pelo método de SOM foram alocadas nos grupos V e II, respectivamente. A separação dessas populações das demais é justificada pelo melhor desempenho das mesmas para PMF e EP com a população UFU-SC#3 apresentando ainda maiores CF (Tabela 1). Deste modo, o método de SOM foi mais eficiente para avaliação da dissimilaridade genética e seleção de indivíduos com características superiores para a obtenção de linhagens de tomateiro anão. Além disso, a eficácia da inteligência computacional é validada pelo fato de demonstrar a extrema dissimilaridade genética entre genitor doador (grupo VII) e genitor recorrente (grupo VIII) que além de se encontrarem em grupos distintos possuem uma classe vazia entre os mesmos, o que indica grande distinção entre estas populações (Figura 3).

Outra diferença entre as metodologias se deu quanto a alocação do genitor recorrente, variedade Kada e Cultivar Santa Clara. Pelo método de UPGMA variedade Kada e genitor recorrente foram alocados em um mesmo grupo e a cultivar Santa Clara em um grupo isolado. Pelo método de Kohonen variedade Kada e cultivar Santa Clara foram alocadas em um mesmo grupo e o genitor recorrente em um grupo isolado. Agrupamento este mais coerente com o observado pelo teste de Scott-Knott (Tabela 1). Onde, a variedade Kada e cultivar Santa Clara foram similares quanto ao PMF, DF, FF, EP, NL, CI e AA.

Essas diferenças podem ser explicadas pela alta capacidade de simulação das redes neurais, que ampliam os dados de entrada e estimam novos valores, com pesos sinápticos diferentes para cada neurônio, organizando os grupos por ordem de proximidade, simulando o córtex cerebral com conexões entre os neurônios mais fortes devida a proximidade (Oliveira *et al.*, 2020; Cruz e Nascimento, 2018). Santos *et al.* (2019) e Cardoso *et al.* (2021) utilizando SOM para avaliação de divergência genética nas culturas do arroz e algodoeiro respectivamente concluíram que esta metodologia foi adequada para classificar e agrupar os diferentes genótipos.

A partir dos mapas dos pesos e associação de cada variável de entrada (caracteres avaliados) com os neurônios da camada de saída (Figura 5) é possível observar a influência que cada variável exerce sobre os neurônios da rede. As cores mais claras indicam os maiores pesos e, portanto, grande importância. Por outro lado, cores escuras representam uma menor importância de determinada característica sobre o neurônio. Além disso, neurônios com padrões de cores similares indicam respostas similares, ou seja, por meio da análise do padrão das cores é possível fazer inferências sobre a correlação entre caracteres.

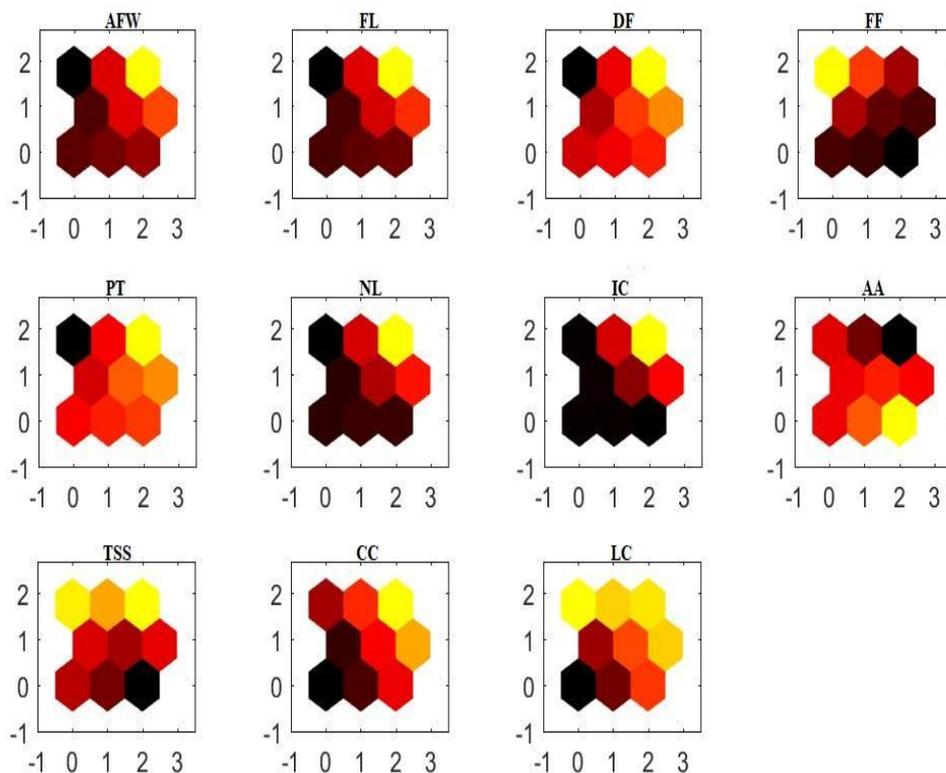


Figura 5. Peso das variáveis de entrada nos neurônios da rede. Onde: Cores mais claras representam maior influência de uma variável sobre determinado neurônio. AFW: peso médio do fruto (g), FL: comprimento de fruto (cm); DF: diâmetro de fruto (cm); FF: formato do fruto; PT: espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); IC: comprimento de internódios (cm); AA: teor de acilglicanos (nmols/cm² folha); TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix); CC: teor de β-caroteno (mg/100mg); LC: teor de licopeno (mg/100mg).

Por meio da análise de intensidade de cores foi possível verificar que AFW, FL e DF, assim como NL e IC apresentaram correlação entre si, pois possuem o mesmo padrão de similaridade entre as populações, representada pelas cores. Segundo Ribeiro *et al.* 2016 o conhecimento da correlação entre caracteres fornece informações sobre o grau de associação entre elas, onde a seleção de uma característica pode alterar o comportamento de outra.

De forma geral AFW, FL, DF, PT, NL e IC não contribuíram para a formação do neurônio que agrupou o genitor doador (grupo VII), o que sugere que estas foram as características que menos contribuíram na classificação desta população. Ademais, as classes de neurônios que formaram os grupos I, II e III foram caracterizados principalmente por DF, PT e AA respectivamente. Já AFW e FL foram importantes para caracterizar o grupo V (UFU-SC#3). A representação dos grupos VI (variedade Kada e cultivar Santa Clara) e VII (genitor doador) em cores mais claras para a maioria das

características confirma a importância das mesmas para a avaliação de dissimilaridade entre essas populações que se caracterizam por fenótipos muito contrastantes.

Por meio de ambas metodologias (UPGMA e SOM) foi possível confirmar a dissimilaridade genética em relação ao genitor doador. Entretanto, SOM foi capaz de detectar diferenças e organizar as similaridades entre as populações de forma mais coerente, resultando em maior número de grupos, quando comparados ao método UPGMA. Dentre as populações F_3RC_1 quanto aos caracteres agronômicos destacaram-se UFU-SC#3 e UFU-SC#5 que inclusive foram alocadas em grupos separados ao utilizar SOM. Em relação aos parâmetros de qualidade destacaram-se as populações UFU-SC#10 e UFU-SC#11. Ademais, a partir da análise de intensidade das cores foi possível afirmar que todas características foram importantes para quantificar a similaridade entre as populações.

CONCLUSÃO

As populações F_3RC_1 anãs UFU-SC#3, UFU-SC#5, UFU-SC#8, UFU-SC#10 e UFU-SC#11 se destacaram sendo promissoras para a obtenção de linhagens e posteriormente híbridos de tomateiro do tipo Santa Cruz.

O Mapa Auto-Organizável de Kohonen que utiliza inteligência computacional mostrou-se mais adequado para classificar e agrupar as populações de tomateiro anão.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2013.
- AMARAL, J. A. T. *et al.* Prospecting of tomato hybrids for table and industry via mixed modeling and multivariate analysis. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 20-25, 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362017000100020&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.
- ARAÚJO, J. C. *et al.* Univariate and multivariate procedures for agronomic evaluation of organically grown tomato cultivars. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 374-380, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362016000300374&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.
- BALDET, P., Ferrand, C., Rothan, C. “Vitamins in Fleshy Fruit,” in **Fruit Ripening: Physiology, Signalling and Genomics**, eds Nath, P., Bouzayen, M., Mattoo, A. K., Pech, J. C. Wallingford: CABI (2014), p. 127–150. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=hceWBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=%E2%80%9CVitamins+in+Fleshy+Fruit,%E2%80%9D+in+Fruit+Ripening:+Physiology,+Signalling+and+Genomics,+eds+Nath,+P.,+Bouzayen,+M.,+Mattoo,+A.+K.,+Pech,+J.+C.&ots=Tc7tq1vB0H&sig=FZGbQyJgQpbxMxICo4aISmYeygk#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 15 set. 2020.
- BARBOSA, C. D. *et al.* Artificial neural network analysis of genetic diversity in Carica papaya L. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, n. 3, p. 224-231, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-70332011000300004. Acesso em: 15 set. 2020.
- BECKLES, D. M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, [S. l.], v. 63, n. 1, p. 129-140, 2012. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521411001335?casa_token=4s23cQxdeoYAAAAA:1PKTYS0v5UfcGHJ_P06Aj6P70SZfPpEEhnb-_rBVHELiCVELeIGXpJUDRxLgN1eZARpLEwHG8. Acesso em: 15 set. 2020.
- CRUZ, C. D.; NASCIMENTO, M. **Inteligência computacional aplicada ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 2018.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 514p.
- CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. Alberto. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. v. 620.
- CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, Paraná, Brazil, v. 38, n.4, p.547-552, 2016.
- DELEO, J. P. B.; BRITO, J. J. S.; PARANHOS, G. G. Especial tomate: gestão sustentável. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 15, n. 157, p. 10-23, jun. 2016. Disponível

em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/especial-tomate-custo-para-se-produzir-um-hectare-de-tomate-ultrapassa-r-100-mil.aspx>. Acesso em: 15 set. 2020.

DIAS, D. M. *et al.* Resistance of processing tomato genotypes to leafminer (Tuta absoluta). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 40-46, 2019. DOI: 10.1590/s0102-053620190106. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362019000100040&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

DIAS, D. M. *et al.* Selection of processing tomato genotypes with high acyl sugar content that are resistant to the tomato pinworm. **Genetics and Molecular Research: GMR**, Ribeirão Preto, SP, Brasil, v.12. p. 381-389. 2013. DOI: 10.4238/2013.February.8.2 Disponível em: <http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2013/vol12-1/pdf/gmr2121.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) OF THE UNITED NATIONS: Rome, Italy, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em 15 set. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Growth habit in mini tomato hybrids from a dwarf line. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n.1, p. 52-56, jan/fev. 2017b. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n1a2017-35763>. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/35763>. Acesso em: 15 set. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic potential of BC1F2 dwarf round tomato populations. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.44, p. 1-8, abr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054202044028819>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542020000100205&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

FINZI, R. R. *et al.* Agronomic performance of mini-tomato hybrids from dwarf lines. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 41, p. 15-21, jan/fev, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-70542017411021416>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542017000100015&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

GERSZBERG, A.; HNATUSZKO-KONKA, K. **Tomato tolerance to abiotic stress: a review of most often engineered target sequences**. *Plant growth regulation*, v. 83, n. 2, p. 175-198, 2017. DOI: 10.1007/s10725-017-0251-x. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-017-0251-x>. Acesso em: 15 set. 2020. [S. l.],

GONÇALVES NETO, A. C. *et al.* Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de acilaçúcares nas folhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 203-208, abr/jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000200011>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010205362010000200011&script=sci_arttext. Acesso em: 15 fev. 2020.

International Plant Resources Institute Roma (IPGRI), **Descriptors for tomato (*Lycopersicon* spp)**. Roma, Italia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos v. 21. 1996.

LUCINI, T.; FARIA, M. V.; ROHDE, C.; RESENDE, J. T. V.; OLIVEIRA, J. R. F. Acylsugar and the role of trichomes in tomato genotypes resistance to *Tetranychus urticae*. **Arthropod-Plant Interactions**. [S. l.], v. 9, p. 45-53, jan., 2015. DOI: 10.1007/s11829-014-9347-7. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11829-014-9347-7.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Multivariate techniques in the determination of genetic diversity in pest-resistant mini tomato genotypes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 4, p. 504-509, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362018000400504&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Influência da época de colheita no teor de sólidos solúveis em frutos de minitomate. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 11, n. 12, p. 1-6, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2015.120203>. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e23f/921f5ebafa1e4f6723d420bf8b46ef1d8f37.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

MACIEL, G. M.; SILVA, E. C.; FERNANDES, M. A. R. Ocorrência de nanismo em planta de tomateiro do tipo grape. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.28, n. 4, p. 259-264, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n429rc>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21252015000400259&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set 2020.

MACIEL, G. M.; SILVA, E. C. Proposta metodológica para quantificação de açúcares em folíolos de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 174-177, 2014. DOI: 10.1590/S0102-05362014000200009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362014000200174&script=sci_arttext&lng=pt. Acesso em 15 set. 2020.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tsukuba, v. 39, n. 10, p. 925-928, out. 1992. DOI: <https://doi.org/10.3136/nskkk1962.39.925>. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1962/39/10/39_10_925/_article/-char/ja/. Acesso em: 15 set. 2020.

NASCIMENTO, A. D. R. *et al.* Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013. DOI: 10.1590/S0102-05362013000400020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362013000400020&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

NEIVA, I. P. *et al.* Tomato genotype resistance to whitefly mediated by allelochemicals and Mi gene. **Chilean journal of agricultural research**, Santiago, Chile, v. 79, n. 1, p. 124-130, 2019. DOI: 10.4067/S0718-58392019000100124 Disponível em:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-58392019000100124&script=sci_arttext&tlng=n. Acesso em: 15 set. 2020.

OLIVEIRA, M. S.; DOS SANTOS, I. G.; CRUZ, C. D. Self-organizing maps: a powerful tool for capturing genetic diversity patterns of populations. **Euphytica**, Wageningen, Holanda, v. 216, n. 3, p. 1-9, 2020. DOI: 10.1007/s10681-020-2569-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-020-2569-0>. Acesso em: 15 set. 2020.

PANTHEE, D. R.; GARDNER, R. G. ‘Mountain Honey’ hybrid grape tomato and its parent NC 6 grape breeding line. **HortScience**, [S. l.], v. 48, n. 9, p. 1192-1194, 2013a. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.9.1192>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/48/9/article-p1192.xml>. Acesso em: 15 set. 2020.

PANTHEE, D. R.; GARDNER, R. G. ‘Mountain Vineyard’ hybrid grape tomato and its parents: NC 4 Grape and NC 5 Grape tomato breeding lines. **HortScience**, [S. l.], v. 48, n. 9, p. 1189-1191, 2013b. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.9.1189>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/48/9/article-p1189.xml>. Acesso em: 15 set. 2020.

RIBEIRO, L. P. *et al.* Correlations and genetic parameters in maize hybrids. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 1, 2016. DOI: 10.14393/BJ-v32n1a2016-29388. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/29388>. Acesso em: 15 set. 2020.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. *et al.* **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2004. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.226.4502&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoids Analysis in Foods**. Washington. International Life Sciences Institute Press, 2001. 64p.

SALVIA-TRUJILLO, L.; MCCLEMENTS, D. J. Enhancement of lycopene bioaccessibility from tomato juice using excipient emulsions: Influence of lipid droplet size. **Food chemistry**, [S. l.], v. 210, p. 295-304, 2016. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.04.125 Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814616306525?casa_token=sAshibGIjsMAAAAA:sFhyKjGAl_s2cBudnDw7G-hF5Rwr0SyO_gVEydmf0WKQP_ZmxBtIMBo9o5gd9W79QSD3-3SNdag. Acesso em: 15 set. 2020.

SANTOS, I. G. *et al.* Self-organizing maps in the study of genetic diversity among irrigated rice genotypes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 41, 2019. DOI: 10.4025/actasciagron.v41i1.39803. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-86212019000102002&script=sci_arttext. Acesso em 15 set. 2020.

DOS SANTOS, I. G. *et al.* Exploring the diversity of alfalfa within Brazil for tropical production. **Euphytica**, Wageningen, Holanda, v. 216, n. 5, p. 1-15, 2020. DOI: 10.1007/s10681-020-02606-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-020-02606-w>. Acesso em: 15 set. 2020.

SCHWARZ, K. *et al.* Desempenho agrônômico e qualidade físico-química de híbridos de tomateiro em cultivo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 410-418, 2013. DOI: 10.1590/S0102-05362013000300011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362013000300011&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

SELEGUINI, Alexander *et al.* Efeito do paclobutrazol sobre o crescimento de plantas e produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em ambiente protegido. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, Peru, v. 7, n. 4, p. 391-399, 2016. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2016.04.04. Disponível em: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S207799172016000500004&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 set. 2020.

SHIRAHIGE, F. H. *et al.* Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.3, p. 292-298, 2010. DOI: 10.1590/S0102-05362010000300009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362010000300009&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

SIDDIQUI, M. W.; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant properties. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 55, n.13, p. 1819-1835, 2015. DOI: 10.1080/10408398.2012.710278. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2012.710278>. Acesso em 15 set. 2020.

SILVA, A. A. D. *et al.* Resistência a *Myzus persicae* em genótipos de tomateiro com altos teores foliares de aleloquímicos. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 2, p. 173-179, 2013. DOI: 10.1590/S0006-87052013005000022. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052013005000022&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 set. 2020.

DE SOUZA, L. M. *et al.* Diallel cross among fresh market tomato inbreeding lines. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 246-251, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362012000200011&script=sci_arttext. Acesso em: 15 set. 2020.

SUN, Xiao-Rong. *et al.* Genetic analysis of tomato internode length via mixed major gene plus polygene inheritance model. **Scientia Horticulturae**, [S. l.], v. 246, p. 759-764, 2019. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.11.044. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818308252?casa_token=TDt3lBdVeBQAAAAA:c-svy-dBOnfmCm9ow9ctFVvHXSYc9Ne9Z5iO8E2_Nr7hJ6waSf004idJ2rYWbF9ub2c31BYe-j4. Acesso em: 15 set. 2020.

WAMSER, A. F. *et al.* Produtividade de híbridos de tomate submetidos ao cultivo superadensado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 168-174, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-05362012000100028&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 15 set. 2020.