

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICIAG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

RAFAEL RESENDE FINZI

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS ANÃS PARA A OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS
DE TOMATE DO TIPO SALADA

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2020

RAFAEL RESENDE FINZI

DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS ANÃS PARA A OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS
DE TOMATE DO TIPO SALADA

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

Orientador

Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2020

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

F516
2020

Finzi, Rafael Resende, 1990-
Desenvolvimento de plantas anãs para a obtenção de
híbridos de tomate do tipo salada [recurso eletrônico] /
Rafael Resende Finzi. - 2020.

Orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pós-graduação em Agronomia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.672>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Maciel, Gabriel Mascarenhas, 1982-,
(Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-
graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091



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:	Tese de Doutorado, 010/2020 PPGAGRO				
Data:	Um de outubro de dois mil e vinte	Hora de início:	08:30	Hora de encerramento:	12:24
Matrícula do Discente:	11813AGR008				
Nome do Discente:	Rafael Resende Finzi				
Título do Trabalho:	Desenvolvimento de plantas anãs para a obtenção de híbridos de tomate do tipo salada				
Área de concentração:	Fitotecnia				
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: José Magno Queiroz Luz - UFU; Ana Carolina Silva Siquieroli - UFU; Fábio Janoni Carvalho - IFTM; Sebastião Márcio de Azevedo - UFLA; Gabriel Mascarenhas Maciel - UFU - orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). 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 Doutor.

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 **Ana Carolina Silva Siquieroli, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/10/2020, às 12:26, 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 01/10/2020, às 12:26, 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 **José Magno Queiroz Luz, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/10/2020, às 12:27, 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 **Sebastião Márcio de Azevedo, Usuário Externo**, em 02/10/2020, às 10:31, 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 **Fábio Janoni Carvalho, Usuário Externo**, em 02/10/2020, às 12:48, 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 **2266531** e o código CRC **107E7D8F**.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Lucimar de Resende Finzi e Leozipe José Finzi por me proporcionarem todas as condições para que eu pudesse chegar até aqui, além de todo o carinho, apoio e amor incondicional. Todas minhas realizações são dedicadas a eles.

Aos meus irmãos Tiago Resende Finzi e Francielle Resende Finzi por serem minha maior inspiração nos estudos, pela amizade e principalmente pelo incentivo.

À minha namorada Danielle Mendonça Buiatti Lamounier pela paciência, carinho, companheirismo e todo apoio para a realização de minha Pós-Graduação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gabriel Mascarenhas Maciel pela orientação e por ter me confiado um excelente trabalho. Agradeço-o também pela flexibilidade e por todos os conselhos durante a Pós-Graduação.

Às minhas amigas de graduação e pós-graduação, Mara Lúcia Martins Magela, Luciana Nunes Gontijo, Thays Vieira Bueno e Rayssa Camargo de Oliveira pela amizade, auxílio em trabalhos da Pós-Graduação e por sempre darem dicas construtivas em minhas apresentações. Agradeço imensamente também à Joicy Vitória Miranda Peixoto, Camila Soares de Oliveira e Danilo Araújo Gomes, que foram presentes durante todas as etapas e essenciais para que eu conseguisse finalizar minha tese.

Ao meu grande amigo Guilherme Repeza Marquez por me auxiliar em várias dúvidas e também por fornecer sementes de híbridos comerciais para a condução destes experimentos.

Ao grupo GEN-HORT (Grupo de Estudos em Melhoramento Genético de Hortaliças) que foi essencial na condução dos experimentos, desde a instalação à conclusão. Em especial, ao meu amigo Hugo Gabriel Peres que foi meu braço direito durante o desenvolvimento da pesquisa. Agradeço também à Ana Luisa Alves Ribeiro e Camila Soares de Oliveira pela imensa ajuda na realização dos retrocruzamentos do segundo capítulo.

Ao grupo POTATO, em especial à Fabiana Silva Fraga por sempre ser prestativa e me auxiliar com os trabalhos da Pós-Graduação.

À minha prima Monique Rocha Resende pela paciência e excelente trabalho com a edição das fotos do segundo capítulo, bem como ao Hugo Gabriel Peres pela elaboração das figuras do primeiro capítulo. Agradeço também à minha grande amiga Marina Freitas e Silva pela disponibilização em ajudar nos experimentos e também por auxiliar na elaboração de imagens do segundo capítulo.

Ao senhor José Marques Vilela (seu Zé da horta), por sempre nos auxiliar com muita disposição e alegria.

À Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Silva Siquieroli pela simpatia e disposição em auxiliar nas análises laboratoriais da pesquisa.

Aos membros da Banca, Prof. Dr. José Magno Queiroz Luz, Prof^ª. Dr^ª. Ana Carolina Silva Siquieroli, Dr. Fábio Janoni Carvalho, Prof. Dr. Sebastião Márcio de Azevedo e Prof. Dr. Emmerson Rodrigues de Moraes por me prestigiarem aceitando o convite e também por contribuir 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	5
CAPÍTULO I: Potencial agrônomo de populações F_2RC_1 de tomateiro anão do tipo Salada	9
Resumo	10
Abstract	11
1 Introdução	12
2 Material e Métodos	13
3 Resultados e Discussão	16
4 Conclusão	22
Referências	22
CAPÍTULO II: Potencial agrônomo, resistência a pragas e qualidade de fruto em populações F_3RC_1 de tomateiro anão tipo Salada	27
Resumo	28
Abstract	29
1 Introdução	30
2 Material e Métodos	31
3 Resultados e Discussão	34
4 Conclusão	40
Referências	41

RESUMO

FINZI, RAFAEL RESENDE. **Desenvolvimento de plantas anãs para a obtenção de híbridos de tomate do tipo Salada**. 2020. 54f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

Reunir em um mesmo híbrido ampla resistência a pragas, maior produtividade e qualidade nutricional de frutos é um desafio de melhoristas de tomateiro tipo Salada. A utilização de uma linhagem anã na obtenção de híbridos poderia ser uma excelente alternativa para se alcançar tais objetivos, sendo uma estratégia de aumento de produtividade já conhecida para o segmento de Minitomates. Porém, a exploração dos benefícios proporcionados pelo uso do parental anão em híbridos de tomateiro tipo Salada ainda não é uma realidade. O desenvolvimento de linhagens anãs do referido segmento é a primeira etapa a ser realizada, sendo o retrocruzamento um método adequado para se desenvolver tais linhagens. Adicionalmente ao retrocruzamento, torna-se importante também avaliar o progresso das populações anãs obtidas após avanço no ciclo de autofecundações. Portanto, o objetivo deste trabalho foi selecionar populações F_2RC_1 e F_3RC_1 de tomateiro anão tipo Salada com potencial agrônômico, qualidade de fruto e resistência a pragas. O trabalho foi realizado em duas etapas: primeiro estudou-se o desempenho de populações anãs obtidas após um retrocruzamento (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 três repetições. O material genético avaliado consistiu de 12 populações F_2RC_1 de tomateiro anão, os genitores (recorrente e doador) e um híbrido comercial. Concluiu-se que a massa média dos frutos das populações anãs aumentou significativamente após o primeiro retrocruzamento e algumas destas apresentaram o formato de fruto próximo ao do segmento Salada. Ao selecionar as populações UFU-DTOM3, UFU-DTOM5, UFU-DTOM7, UFU-DTOM9 e UFU-DTOM10 foi estimado um incremento de até 6% no número de lóculos, diâmetro transversal, formato e massa média do fruto. As populações anãs UFU-DTOM7 e UFU-DTOM10 se destacaram sendo promissoras para obtenção de linhagens. Para o segundo estudo, o material genético avaliado consistiu de dez populações anãs F_3RC_1 originadas da autofecundação de plantas selecionadas em populações anãs F_2RC_1 os genitores (recorrente e doador) e um híbrido comercial. De maneira geral, houve um aumento de até 1035% na massa média dos frutos das populações anãs em relação ao genitor doador. Além disso, algumas populações anãs apresentaram frutos com 49% a mais de licopeno em comparação com o híbrido comercial, bem como maiores teores de acilacúcares nas folhas (273%). A população anã UFU-DW22 se destacou, com potencial agrônômico, maiores teores de licopeno nos frutos e também elevados teores de acilacúcares, o que confere resistência a pragas. Para dar continuidade a trabalhos com as plantas anãs F_3RC_1 deste estudo, sugere-se realizar o segundo retrocruzamento para obter linhagens e, posteriormente, híbridos compactos provenientes de linhagens anãs do tipo Salada.

Palavras-chave: Acilacúcares, licopeno, nanismo, *Solanum lycopersicum*.

¹ Orientador: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU.

ABSTRACT

FINZI, RAFAEL RESENDE. **Dwarf plants development to obtain round tomato hybrids.** 2020. 54f. Thesis (Doctor Program Agronomy/Crop Science) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2020.¹

Combine broad-spectrum pest resistance, higher yield and fruit nutritional quality on a single hybrid is a challenge for round tomato breeders. The use of a dwarf line to obtain mini-tomato hybrids has provided advantages and can be an excellent alternative to achieve these objectives in the round tomatoes. However, the exploitation of the benefits provided by the use of the dwarf parent in tomato round hybrids is not yet a reality. The development of dwarf lineages of this segment is the first step to be performed and backcrossing is an appropriate method to develop such lineages. In addition to backcrossing, it is also important to assess the progress of dwarf populations obtained after advancing in the self-fertilization cycle. Therefore, the objective of this work was to select BC₁F₂ and BC₁F₃ populations of dwarf tomato type 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 3 replications. The genetic material evaluated consisted of 12 dwarf tomato BC₁F₂ populations, plus both parents (recurrent and donor) and a commercial hybrid. It was observed that average fruit weight in the dwarf populations increased significantly after the first backcross, with some fruits exhibiting a similar shape to round tomatoes. Selection of the populations UFU-DTOM3, UFU-DTOM5, UFU-DTOM7, UFU-DTOM9 and UFU-DTOM10 resulted in an estimated 6% increase in the number of locules, transverse diameter, TD/LD ratio and average fruit weight. The dwarf populations UFU-DTOM7 and UFU-DTOM10 were the most promising for develop inbred lines with round fruits. For the second study, the genetic material evaluated consisted of ten BC₁F₃ dwarf populations, originated from self-fertilization of plants selected in dwarf populations BC₁F₂ plus both parents (recurrent and donor) and a commercial hybrid. In general, there was an increase of up to 1035% in the average fruit mass of the dwarf populations in relation to the donor parent. In addition, some dwarf populations showed fruits with 49% more lycopene in relation to the commercial hybrid, as well as higher levels of acylsugars in the leaves (273%). The dwarf populationUFU-DW22 stood out, presenting agronomic potential, higher levels of lycopene in fruits and high levels of acylsugars, which gives resistance to pests. In order to future work with the BC₁F₃ dwarf plants in this study, is suggest to perform the second backcross to obtain lines and, subsequently, compact hybrids from dwarf lines of the round type.

Keywords: Acylsugars, carotenoids, dwarfism, lycopene, *Solanum lycopersicum*.

¹Major Professor: Gabriel Mascarenhas Maciel – UFU.

INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro é uma das principais hortaliças cultivadas no mundo. Desde sua domesticação até os dias atuais, o melhoramento genético possibilitou uma transformação incrível na cultura. O conhecimento sobre os genes que possibilitaram esta evolução foram e ainda são essenciais para o desenvolvimento de novas cultivares e híbridos.

Sabe-se que o tomateiro é originário da América do Sul, com dispersão geográfica abrangendo Peru, Chile, Equador e as Ilhas Galápagos (ALVARENGA, 2013). A cultura foi domesticada há vários anos por nativos americanos, possivelmente no México. No entanto, os europeus foram os primeiros a cultivar o tomate comercialmente. Quando estes chegaram à América, o tomate encontrado já possuía maior tamanho em relação às espécies selvagens, o que significa que já havia sido domesticado pelos nativos (TANKSLEY, 2004).

Como a domesticação ocorreu em tempos pré-históricos, não se sabe ao certo o caminho evolutivo real pelo qual as espécies selvagens deram origem às plantas comerciais conhecidas atualmente, com frutos grandes e formas variadas. O cenário mais provável é que a domesticação começou com a seleção de frutos maiores ocasionados por mutações espontâneas para tamanho do fruto (TANKSLEY, 2004).

De fato, o tamanho do fruto foi a principal característica a ser selecionada durante vários anos no processo de melhoramento genético. Em comparação com o fruto inicial, houve um aumento de mil vezes. Mutações em genes para alterar o formato (*ovate*) (LIU et al., 2002) juntamente com variações quantitativas no tamanho (*fruit weight 2.2*) (FRARY et al., 2000) e controle de divisão celular dos carpelos e lóculos do fruto (*fasciated*) (XU et al., 2015) são alguns dos principais envolvidos (ZSÖGÖN et al., 2017).

Adicionalmente, outras características também permitiram ganhos expressivos de produtividade no tomateiro. Entre estas, destacam-se o hábito de crescimento, redução no comprimento de internódios, formato e número de frutos, retenção do pedúnculo na planta, resistência a pragas e doenças e a exploração da heterose em híbridos.

Em relação ao hábito de crescimento [originalmente indeterminado e governado pelo gene *self-pruning* (*SP*) (RICK, 1978)], uma mutação espontânea possibilitou a

criação de plantas com hábito de crescimento determinado, sendo esta característica condicionada pela mutação em homozigose recessiva do alelo *sp*. As plantas determinadas apresentam porte mais compacto com redução gradativa no número de folhas após a emissão da primeira inflorescência e terminando o seu crescimento em duas inflorescências consecutivas, quando todo meristema vegetativo apical se transforma em floral (PNUELI et al., 1998; PIOTTO; PERES, 2012). Esta alteração foi muito importante e revolucionária para o modo em que o tomateiro é cultivado comercialmente.

Neste contexto, pode-se afirmar que o tomateiro foi classificado em dois grandes grupos: tomate consumido *in natura* e o tomate industrial, utilizado para fabricação de molhos e *ketchups*. Os genótipos de crescimento determinado são predominantemente cultivados de forma rasteira e destinados para a indústria, uma vez que a maturação de seus frutos é mais uniforme e possibilita a colheita mecanizada. Por outro lado, em cultivares de crescimento indeterminado o cultivo é geralmente realizado por meio de tutoramento (estacas de bambu ou fitilhos) e a colheita é realizada manualmente, sendo estes destinados para o consumo *in natura* (PIOTTO; PERES, 2012).

Além do hábito de crescimento determinado, mais dois outros genes foram responsáveis para permitir a colheita mecanizada do tomateiro: *jointless* (MAO et al., 2000) e *ovate* (LIU et al., 2002). A mutação *jointless* faz com que os frutos maduros fiquem fortemente retidos na planta devido à ausência da zona de abscisão do pedicelo, o que evita a queda dos tomates em função do choque mecânico causado pela máquina colhedora. Já a mutação *ovate* confere formato oval aos frutos, o que favorece o recolhimento e processamento na colhedora (PIOTTO; PERES, 2012).

A exploração da heterose foi um dos últimos avanços no que se diz respeito a ganhos em produtividade desde a domesticação do tomateiro. A heterose, ou vigor híbrido, refere-se à superioridade de desempenho do híbrido em relação a seus parentais divergentes geneticamente. Atualmente, os híbridos em desenvolvimento buscam agrupar, em um mesmo material genético, alta produtividade e amplas resistências à pragas e doenças. A resistência aos fungos *Fusarium oxysporium* raça 3 e *Verticillium albo atrum*, aos vírus tospovírus e geminivírus, e aos nematóides do gênero *Meloidogyne* sp. são extremamente importantes e, devido à presença de genes que conferem maiores teores de aleloquímicos nas plantas – os acilaçúcares, os híbridos podem ser mais resistentes à diversas pragas (GRUBER, 2017; LUCINI et al., 2015; MACIEL et al., 2018a, 2018b; PEIXOTO et al., 2020).

Uma das tendências para o desenvolvimento de novos híbridos é a presença de internódios reduzidos. Zsögön et al. (2017) corroboram com esta afirmativa em estudo especulativo sobre o genótipo ideal de tomateiro. Os autores sugerem edições no gene *procera* (JASINSKI et al., 2008) para redução no comprimento de internódios. No entanto, sabe-se que é possível reduzir o comprimento de internódios por meio de técnicas mais simples e economicamente viáveis como, por exemplo, a introdução de genes de nanismo via melhoramento genético (GARDNER; PANTHEE, 2012; PANTHEE; GARDNER, 2013a, b).

Adicionalmente, reduzir internódios no tomateiro significa aumentar o número de pencas por metro linear de haste (FINZI et al., 2017). Híbridos capazes de produzir maior número de pencas em um mesmo espaço podem ser considerados economicamente viáveis já que seriam mais produtivos, aumentando o lucro por planta. Vale ressaltar que, se considerar um hectare com 12 mil plantas, uma penca a mais por haste representaria um incremento significativo na produtividade. O custo para produzir um hectare no Brasil pode ser superior a 100 mil reais (DELEO; BRITO JUNIOR; PARANHOS, 2016) tornando fundamentais pesquisas que visem desenvolver novas tecnologias capazes de aumentar o lucro por hectare.

A obtenção de híbridos com internódio curto e maior produtividade já é uma realidade na cultura do tomateiro do tipo minitomate. A partir da utilização de um parental masculino de porte anão na combinação para formar o híbrido, Finzi et al. (2017) obtiveram resultados promissores. A tendência para o melhoramento de híbridos provenientes de um genitor anão é expandir a tecnologia para outros segmentos, como o tomate do tipo Salada, Saladete (ou Italiano - industrial) e Santa Cruz. O retrocruzamento é um dos métodos adequados para se desenvolver as linhagens anãs de cada segmento.

De maneira geral, o nanismo no tomateiro é proveniente de mutações em genes que alteram a sinalização ou biossíntese de hormônios que regulam o crescimento vegetal, como giberelina (CHENG et al., 2004; JASINSKI et al., 2008) e brassinosteróides (FUJIOKA; YOKOTA, 2003). As plantas anãs podem servir de modelo para diversos estudos genéticos e fisiológicos devido à facilidade na condução da planta, porte baixo e ciclo curto, sendo a redução de internódios sua principal característica. No tomateiro são escassos os trabalhos com a exploração dos genes de nanismo em híbridos de fenótipo normal.

Por fim, o último avanço evolutivo no melhoramento genético do tomateiro é a utilização de técnicas avançadas de biotecnologia. A técnica de CRISPR-Cas9 é um exemplo, em que uma proteína guiada por uma molécula de RNA corta as fitas de DNA em pontos específicos e ativa as vias de reparo, permitindo atingir somente o gene que se pretende alterar. Pode-se inserir, excluir ou substituir um ou poucos nucleotídeos de forma direcionada e controlada gerando assim novos alelos (PASSOS et al., 2016). Com esta técnica, torna-se possível desenvolver novos genótipos com apenas genes de interesse.

Apesar de toda evolução no melhoramento genético e de todos os ganhos conquistados até hoje desde sua domesticação, principalmente no tamanho do fruto, infelizmente muitos outros genes de interesse foram perdidos. Estes estão relacionados, principalmente, com a qualidade nutricional e sabor do fruto. O gene responsável por amadurecer o tomate uniformemente (*uniform ripening*) (POWELL et al., 2012; NGUYEN et al., 2014) dando-lhe um aspecto mais atraente é o mesmo que faz dele um fruto com menor valor nutricional. O mesmo ocorre com o gene mutante *ripening-inhibitor* (SEYMOUR et al., 2013), utilizado para produzir tomates com longa duração após a colheita (longa vida), prolongando a vida útil dos frutos na prateleira do supermercado. Ambos os genes diminuem a qualidade nutricional e gustativa do tomate.

Por isso, pesquisas recentes têm demonstrado que as tendências no melhoramento genético do tomateiro são de resgatar genes que foram perdidos durante o processo de domesticação. Editando somente genes específicos de espécies selvagens de tomateiro com a técnica de CRISPR-Cas9, pesquisadores conseguiram aumentar em cinco vezes a concentração de licopeno nos frutos (ZSÖGÖN et al., 2018), um antioxidante que ajuda na prevenção do câncer de próstata. Além disso, Lupi et al. (2019) desenvolveram um tomate transgênico que impossibilita o amadurecimento uniforme do fruto. Como resultado, os autores observaram frutos com 25% a mais de vitamina E e maiores teores de ácido e açúcar.

A Universidade Federal de Uberlândia tem desenvolvido pesquisas com plantas anãs no intuito de melhorar a qualidade nutricional dos frutos, a produtividade e resistência a pragas. A obtenção de híbridos com essas características reunidas simultaneamente tem sido o principal desafio de melhoristas. Nos capítulos a seguir serão demonstradas as etapas iniciais de um programa de melhoramento que busca incorporar várias tecnologias em híbridos de tomate tipo Salada provenientes de linhagens anãs.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

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 out. 2020.

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: 08 out. 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 out. 2020.

FRARY, A. *et al.* Fw2.2: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size. **Science**, [S. l.], v. 289, n. 5476, p. 85-88, jul. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.289.5476.85>. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/289/5476/85>. Acesso em: 08 out. 2020.

FUJIOKA, S.; YOKOTA, T. Biosynthesis and metabolism of brassinosteroids. **Annual Review 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.

GARDNER, R. G.; PANTHEE, D. R. ‘Mountain Magic’: An early blight and late blight-resistant specialty type F1 hybrid tomato. **Hortscience**, [S. l.], v. 47, n. 2, p. 299-300, feb. 2012. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.2.299>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/47/2/article-p299.xml>. Acesso em 08 out. 2020.

GRUBER, K. The living library: Wild and heirloom plants are giving major crop varieties, and the global food system, a genetic makeover. **Nature**, [S. l.], v.544, p.8-10, abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/544S8a>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/544S8a>. Acesso em: 08 out. 2020.

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.1365-313X.2008.03628.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-313X.2008.03628.x>. Acesso em: 08 out. 2020.

LIU, J. *et al.* A new class of regulatory genes underlying the cause of pear-shaped tomato fruit. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [S. l.], v. 99, n. 1, p. 13302-13306, out. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.162485999>. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/pnas/99/20/13302.full.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

LUCINI, T. *et al.* Acylsugar and the role of trichomes in tomato genotypes resistance. **Arthropod-Plant Interactions**, [S. l.], v.9, p.45-53, jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-014-9347-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11829-014-9347-7>. Acesso em: 08 out. 2020.

LUPI, A. C. D. *et al.* *Solanum lycopersicum* GOLDEN 2-LIKE 2 transcription factor affects fruit quality in a light- and auxin dependent manner. **Plos One**, San Francisco, v. 14, n. 2, p. 1-22, fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212224>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0212224>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Tomato genotypes with determinate growth and high acylsugar concentration presenting resistance to spider mite. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.18, n. 1, p.1-8, maio. 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1a1>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cbab/v18n1/1984-7033-cbab-18-01-1.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Multivariate techniques in the determination of genetic diversity in pest-resistant mini tomato genotypes. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.36, n. 4, p.504-509, out./dez. 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180413>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v36n4/1806-9991-hb-36-04-504.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MAO, L. *et al.* JOINTLESS is a MADS-box gene controlling tomato flower abscission zone development. **Nature**, [S. l.], v. 406, n. 6798, p.910-913, ago. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35022611>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/35022611>. Acesso em: 08 out. 2020.

NGUYEN, C. V. *et al.* Tomato GOLDEN2-LIKE transcription factors reveal molecular gradients that function during fruit development and ripening. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 26, n. 2, p. 585-601, fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.113.118794>. Disponível em: <http://www.plantcell.org/content/26/2/585>. Acesso em: 08 out. 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, set. 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: 08 out. 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, set. 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: 08 out. 2020.

PASSOS, G. A. *et al.* Aplicações da técnica. In: Tiago Campos Pereira (organizador). **Introdução à técnica de CRISPR**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2016, p. 71-83.

PEIXOTO, J. V. M. *et al.* Productivity, acylsugar concentrations and resistance to the two-spotted spider mite in genotypes of salad tomatoes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n.9, p. 596-602, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n9p596-602>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v24n9/1807-1929-rbeaa-24-09-0596.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

PIOTTO, F. A.; PERES, L. E. P. Base genética do hábito de crescimento e florescimento em tomateiro e sua importância na agricultura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1941-1946, nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012001100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v42n11/a31612cr6033.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

PNUELI, L. *et al.* The SELF-PRUNING gene of tomato regulates vegetative to reproductive switching of sympodial meristems and is the ortholog of CEN and TFL1. **Development**, Histon, v.125, n. 11, p.1979-1989, jun. 1998. Disponível em: <https://dev.biologists.org/content/develop/125/11/1979.full.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

POWELL, A. L. T. *et al.* *Uniform ripening* Encodes a *Golden 2-like* Transcription Factor Regulating Tomato Fruit Chloroplast Development. **Science**, [S. l.], v. 336, n. 6089, p. 1711-1715, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1222218>. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/336/6089/1711>. Acesso em: 08 out. 2020.

RICK, C.M. The tomato. **Scientific American**, [S. l.], v. 239, n. 2, p. 76-89, ago. 1978. DOI: <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0878-76>. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/the-tomato-1978-08/>. Acesso em: 08 out. 2020.

SEYMOUR, G. B. *et al.* Regulation of ripening and opportunities for control in tomato and other fruits. **Plant Biotechnology Journal**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 269-278, abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2012.00738.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1467-7652.2012.00738.x>. Acesso em: 08 out. 2020.

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 out. 2020.

XU, C. *et al.* A cascade of arabinosyltransferases controls shoot meristem size in tomato, **Nature Genetics**, [S. l.], v. 47, n. 7, p. 784-792, jul. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng.3309>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ng.3309>. Acesso em: 08 out. 2020.

ZSÖGÖN, A. *et al.* *De novo* domestication of wild tomato using genome editing. **Nature Biotechnology**, [S. l.], v. 36, p.1211-1216, out. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt.4272>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nbt.4272>. Acesso em: 08 out. 2020.

ZSÖGÖN, A. *et al.* Genome editing as a tool to achieve the crop ideotype and *de novo* domestication of wild relatives: Case study in tomato. **Plant Science**, [S. l.], v. 256, p. 120-130, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.12.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945216309037?via%3Dihub>. Acesso em: 08 out. 2020.

CAPÍTULO I

POTENCIAL AGRONÔMICO DE POPULAÇÕES F_2RC_1 DE TOMATEIRO ANÃO DO TIPO SALADA

POTENCIAL AGRONÔMICO DE POPULAÇÕES F_2RC_1 DE TOMATEIRO ANÃO DO TIPO SALADA

RESUMO

Vantagem agronômica e econômica tem sido observada com o uso de linhagens anãs para obtenção de híbridos em Minitomate. No Brasil, predomina-se o cultivo de tomate do tipo Salada. A exploração dos benefícios proporcionados pelo uso do parental anão em híbridos de tomateiro do tipo Salada ainda não é uma realidade. A avaliação e seleção de populações de porte anão podem aumentar a eficiência do desenvolvimento de tais linhagens. Sendo assim, torna-se necessário o desenvolvimento de linhagens anãs do tipo Salada. O retrocruzamento é um dos métodos mais adequados para se desenvolver tais linhagens. Portanto, o objetivo deste trabalho foi selecionar populações F_2RC_1 de tomateiro anão com potencial agronômico e qualidade de fruto. O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Hortaliças da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 15 tratamentos e três repetições. O material genético avaliado consistiu de 12 populações F_2RC_1 de tomateiro anão, os genitores (recorrente e doador) e um híbrido comercial. As características avaliadas foram: massa média (g), teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), número de lóculos (lóculos fruto⁻¹), formato, espessura da polpa (cm), diâmetro longitudinal (cm) e transversal do fruto (cm); comprimento dos internódios (cm) e altura das plantas (cm). Os dados foram analisados por meio de teste de médias, análises multivariadas e índice de seleção. De maneira geral, a massa média dos frutos das populações anãs aumentou significativamente após o primeiro retrocruzamento e algumas destas apresentaram o formato de fruto próximo ao do segmento Salada. Ao selecionar as populações UFU-DTOM3, UFU-DTOM5, UFU-DTOM7, UFU-DTOM9 e UFU-DTOM10 foi estimado um incremento de até 6% no número de lóculos, diâmetro transversal, relação DT/DL e massa média do fruto. As populações anãs F_2RC_1 UFU-DTOM7 e UFU-DTOM10 se destacaram sendo promissoras para obtenção de linhagens.

Palavras-chave: Nanismo, retrocruzamento, *Solanum lycopersicum*.

AGRONOMIC POTENTIAL OF BC₁F₂ DWARF ROUND TOMATO POPULATIONS

ABSTRACT

The use of dwarf lines to obtain mini-tomato hybrids has provided agronomic and economic benefits. In Brazil, round tomatoes predominate over other varieties. The benefits of using a dwarf parent in round tomato hybrids has yet to be explored, making it important to develop dwarf round tomato lines. Backcrossing is one of the most suitable methods to develop these lines. Evaluation and selection of the dwarf populations can improve the development of such lines. Thus, the aim of this study was to select BC₁F₂ populations of dwarf round tomatoes with agronomic potential and high-quality fruit. The research was conducted at the Vegetable Experimental Station of the Federal University of Uberlândia (UFU). A randomized block design was used, with 15 treatments and three replicates. The genetic material analyzed consisted of 12 BC₁F₂ dwarf tomato populations, both parents (recurrent and donor) and a commercial hybrid. The traits assessed were: average fruit weight (g), total soluble solids (°Brix), number of locules (locules per fruit⁻¹), fruit shape, pulp thickness (cm), longitudinal (cm) and transverse fruit diameter (cm), internode length (cm) and plant height (cm). The data were submitted to analysis of variance, multivariate analyses and index selection. In general, average fruit weight in the dwarf populations increased significantly after the first backcross, with some fruits exhibiting a similar shape to round tomatoes. Selection of the populations UFU-DTOM3, UFU-DTOM5, UFU-DTOM7, UFU-DTOM9 and UFU-DTOM10 resulted in an estimated increase of 6% in the number of locules, transverse diameter, TD/LD ratio and average fruit weight. The BC₁F₂ dwarf populations UFU-DTOM7 and UFU-DTOM10 were the most promising for develop inbred lines with round fruits.

Keywords: Backcrossing, dwarfism, *Solanum lycopersicum*.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das principais hortaliças cultivadas no mundo, sendo o Brasil um dos maiores produtores. Estima-se que em 2018 foram produzidos mais de 4,0 milhões de toneladas de tomate no país, em uma área plantada de aproximadamente 60 mil hectares (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2019). O tomate pode ser classificado nos seguintes grupos: Santa Cruz, Caqui, Salada, Saladete (Italiano) e Minitomate (ALVARENGA, 2013). Dentre estes, o tomateiro do tipo Salada se destaca como o mais produzido para consumo *in natura* no Brasil, possuindo grande relevância socioeconômica.

O tomateiro do tipo Salada é majoritariamente cultivado em campo, o que demanda elevado investimento por hectare aliado a um alto risco financeiro. Por isso, diversas pesquisas têm sido realizadas com objetivo de aumentar a produtividade da cultura, alterar o espaçamento de cultivo (WAMSER et al., 2012), o número de hastes por planta (MATOS; SHIRAHIGE; MELO, 2012; WAMSER et al., 2012) e adubação (MUELLER et al., 2012). Apesar de todo esforço, são poucas as pesquisas que têm priorizado um quesito fundamental capaz de proporcionar incremento na produtividade e na qualidade dos frutos sem aumentar o custo de produção e o manejo da cultura: a redução do internódio das plantas via melhoramento genético.

A redução dos internódios no tomateiro resulta em plantas compactas (GARDNER; PANTHEE, 2012; PANTHEE; GARDNER, 2013a, b), o que facilita as práticas de poda e tutoramento (FIGUEIREDO et al., 2015) e também a colheita dos frutos. Adicionalmente, reduzir internódios no tomateiro significa aumentar o número de pencas por metro linear de haste. Híbridos capazes de produzir maior número de pencas em um mesmo espaço podem ser considerados economicamente viáveis já que seriam mais produtivos, aumentando o lucro por planta. Vale ressaltar que, se considerar um hectare com 12 mil plantas, uma penca a mais por haste representaria um incremento significativo na produtividade. O custo para produzir um hectare no Brasil pode ser superior a 100 mil reais (DELEO; BRITO JUNIOR; PARANHOS, 2016) tornando fundamentais pesquisas que visem desenvolver novas tecnologias capazes de aumentar o lucro por hectare.

A obtenção de híbridos com internódio curto e maior produtividade já é uma realidade na cultura do tomateiro (FINZI et al., 2017). A partir da utilização de um

parental masculino de porte anão na combinação para formar o híbrido, Finzi et al. (2017a) obteve resultados promissores. Apesar do sucesso obtido pelos pesquisadores, a linhagem anã utilizada possui frutos pequenos e de formato oblongo, do tipo minitomate (MACIEL; SILVA; FERNANDES, 2015), o que inviabiliza seu uso direto na obtenção de híbridos para o segmento Salada. Portanto, inicialmente torna-se necessário o desenvolvimento de linhagens anãs com frutos do tipo Salada.

O retrocruzamento é um método adequado para se desenvolver tais linhagens. Gonçalves Neto et al. (2010), após a realização de cruzamento interespecífico entre uma espécie selvagem de tomateiro *Solanum pennellii* versus *S. lycopersicum*, seguido de três retrocruzamentos, obtiveram linhagens portadoras de frutos com padrão comercial.

Portanto, o objetivo do trabalho foi selecionar populações F_2RC_1 de tomateiro anão do tipo salada com potencial agrônomico e qualidade de fruto.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de janeiro a junho 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.

Com o primeiro retrocruzamento (F_1RC_1) após hibridação de uma linhagem pré-comercial homozigota com padrões de fruto do tipo Salada (genitor recorrente) versus a linhagem anã UFU MC TOM1 (MACIEL; SILVA; FERNANDES, 2015), as plantas F_1RC_1 (plantas de porte normal – não anão) foram autofecundadas para dar origem às populações anãs F_2RC_1 . Esse procedimento é necessário, pois o porte anão da linhagem anã UFU MC TOM1 é de origem recessiva e monogênica (MACIEL; SILVA; FERNANDES, 2015). Em bandeja, as mudas de tomate anão são facilmente identificadas devido à baixa estatura, folíolos espessos e retorcidos, indicando possibilidade de seleção em gerações segregantes e descarte de plantas normais já na fase inicial. Sendo assim, o material genético avaliado consistiu de 12 populações de tomateiro anão (F_2RC_1) e, para comparação, também foram avaliados os genitores e um híbrido comercial (Paronset®), totalizando 15 tratamentos. As populações F_2RC_1 e os

genitores pertencem ao banco de germoplasma de tomateiro da UFU. O genitor recorrente e o híbrido comercial se caracterizam por possuir hábito de crescimento indeterminado e frutos vermelhos do tipo Salada. Por outro lado, UFU MC TOM1 é uma linhagem homocigota de porte anão com hábito de crescimento indeterminado e frutos oblongos do tipo minitomate (MACIEL; SILVA; FERNANDES, 2015; FINZI et al., 2017b), utilizada como genitor doador. Pela expressão do fenótipo anão ser de origem recessiva e monogênica, os retrocruzamentos foram realizados para transferência de alelo recessivo.

A sementeira foi realizada em bandejas de poliestireno (200 células) em 10 de janeiro de 2019. O transplante ocorreu 28 dias após a sementeira 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 o híbrido comercial foram conduzidos verticalmente com duas hastes no sistema de tutoramento por fitilhos.

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 15 tratamentos e três 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 (carreadores) foi utilizado espaçamento de 0,8 m, totalizando 270 plantas na casa de vegetação.

As colheitas foram realizadas semanalmente, no período de 11 de abril a 19 de junho de 2019, totalizando nove colheitas. Os frutos de cada parcela experimental foram colhidos em estágio de maturação completa, sendo avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

Massa média do fruto (g) (MMF): razão entre a massa e o número de todos os 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) (DT): 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 (DT/DL): obtido pela relação entre o diâmetro transversal e longitudinal (DT/DL). O genitor recorrente e o híbrido comercial foram utilizados como referências do segmento Salada 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 cortar o fruto horizontalmente ao meio, contabilizando o número de lóculos. Em seguida, realizou-se a média com todos os frutos colhidos na parcela.

Comprimento de internódios (cm) (I): obtido pela equação: [(altura da planta/número de nós)-1], em duas plantas centrais da parcela. Em seguida, calculou-se a média das medidas obtidas.

Altura de planta (cm) (ALT): 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 de homogeneidade de variância (Teste de Levene), normalidade (Teste de Kolmogorov-Smirnov) e aditividade (Teste de aditividade de Tukey), utilizou-se a transformação de dados \sqrt{x} para a massa média do fruto, diâmetro longitudinal do fruto, e altura das plantas; como também a transformação de dados $\sqrt{x+0,5}$ para o comprimento entre internódios, na Análise de Variância, sendo tabelados os valores reais destas variáveis.

Para a variável massa média do fruto, foi calculada a superioridade relativa (SR%) de cada população F₂RC₁ em relação ao genitor doador. Esta foi calculada por meio da equação: $SR\% = [(C1/C2) - 1]*100$, em que: SR%: equivale a diferença em porcentagem das populações F₂RC₁ em relação ao genitor doador. C1: equivale à média de MMF da população a ser calculada; C2: equivale à média de MMF do genitor doador.

Ademais, os dados obtidos foram analisados por três estatísticas independentes: teste de médias, dissimilaridade genética e índice de seleção. No teste de médias, os

dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na dissimilaridade genética o objetivo foi determinar, somente, a divergência entre as populações anãs e o genitor doador, obtendo-se a matriz de dissimilaridade pela distância generalizada de Mahalanobis. A divergência genética foi representada por dendrograma obtido pelo método hierárquico *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA) e pelo método Tocher Gráfico. A validação do agrupamento pelo método UPGMA foi determinada pelo coeficiente de correlação cofenético (CCC), calculado pelo teste de Mantel (1967).

O índice de seleção foi calculado pelo índice da soma de “ranks” de Mulamba e Mock (1978), utilizando-se somente as populações anãs e o genitor recorrente. Para as estimativas dos ganhos de seleção, foram selecionadas 33% das populações. O critério de seleção utilizado foi reduzir o caractere de 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). Todas as análises foram realizadas por meio do software Genes (CRUZ, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As populações de tomateiro ano F_2RC_1 se diferenciaram dos genitores e híbrido comercial em todas as características avaliadas (Tabela 1). Como esperado, o genitor recorrente e o híbrido comercial se destacaram, principalmente na massa de fruto, distância entre internódios e altura de plantas. Vale enfatizar que o principal objetivo do trabalho foi verificar o incremento agrônomico proporcionado nas populações F_2RC_1 anãs após um retrocruzamento. Por isso, neste trabalho será dada maior ênfase às comparações entre populações anãs e genitor.

De maneira geral, observa-se que apenas um retrocruzamento foi possível obter incrementos expressivos na massa do fruto das populações F_2RC_1 anãs (Figura 1). A massa dos frutos de UFU-DTOM9, UFU-DTOM7, UFU-DTOM4 e UFU-DTOM10 se diferiram estatisticamente do genitor doador, com superioridade relativa de 341%, 282%, 280% e 268%, respectivamente (Figura 2). Isso demonstra o sucesso obtido na transferência de genes relacionados à massa dos frutos entre o genitor recorrente e populações anãs.

TABELA 1 - Características agronômicas avaliadas em populações F₂RC₁ de tomateiro anão, genitor recorrente, genitor doador e híbrido comercial.

Populações F ₂ RC ₁ ¹	MMF	TSS	DT	DL	DT/DL	EP	NL	I	ALT
UFU-DTOM1	9,3 cd	9,7 a	2,5 bc	2,9 c	0,9 cd	0,4 c	2,1 c	0,9 c	24,4 b
UFU-DTOM2	7,9 cd	9,4 a	2,3 bc	2,4 c	0,9 bcd	0,4 c	2,0 c	0,9 c	22,7 b
UFU-DTOM3	7,9 cd	10,0 a	2,4 bc	2,4 c	1,0 bcd	0,4 c	2,7 bc	0,9 c	24,8 b
UFU-DTOM4	11,3 c	9,7 a	2,2 bc	2,4 c	0,9 bcd	0,4 c	2,7 bc	0,9 c	26,2 b
UFU-DTOM5	9,9 cd	9,3 a	2,6 bc	2,4 c	1,1 ab	0,3 c	2,9 bc	1,1 c	28,2 b
UFU-DTOM6	7,7 cd	9,5 a	2,4 bc	2,4 c	1,0 bcd	0,3 c	2,3 bc	0,9 c	28,8 b
UFU-DTOM7	11,3 c	8,4 ab	2,8 b	2,5 c	1,1 ab	0,4 bc	3,0 bc	0,9 c	24,2 b
UFU-DTOM8	8,5 cd	9,2 a	2,3 bc	2,5 c	0,9 bcd	0,3 c	2,0 c	0,9 c	30,5 b
UFU-DTOM9	13,1 c	8,8 a	2,6 bc	3,1 bc	0,8 de	0,4 bc	2,1 c	1,1 c	34,1 b
UFU-DTOM10	10,9 c	8,8 a	2,6 bc	2,5 c	1,1 abc	0,4 c	2,5 bc	0,9 c	26,3 b
UFU-DTOM11	8,7 cd	9,4 a	2,3 bc	2,2 c	1,1 ab	0,3 c	2,0 c	1,0 c	31,0 b
UFU-DTOM12	8,4 cd	9,3a	2,5 bc	2,6 c	1,0 bcd	0,4 c	2,3 bc	1,2 c	30,4 b
Híbrido comercial	82,3 a	5,2 b	6,1 a	4,8 a	1,3 a	0,9 a	3,4 b	6,7 a	205,2 a
Genitor doador	3,0 d	9,0 a	1,6 c	2,6 c	0,6 e	0,3 c	2,0 c	0,8 c	24,6 b
Genitor recorrente	50,4 b	6,7 ab	5,2 a	4,1 ab	1,3 a	0,6 ab	4,9 a	5,4 b	198,0 a
KS ²	0,8*	0,9*	0,8*	0,9*	1,0*	0,1*	0,1*	0,8*	0,7*
F (Levene) ³	1,4*	1,5*	1,3*	2,7*	3,1	2,8*	4,3	2,6*	2,4*
F (Aditividade) ⁴	0,9*	1,1*	0,4*	0,6*	1,4*	0,1*	2,5*	2,3*	1,1*
CV (%)	13,8	12,9	12,3	6,3	7,2	18,6	16,9	4,2	8,4

MMF: massa média do fruto (g), TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix), DT: diâmetro transversal (cm); DL: diâmetro longitudinal (cm); DT/DL: razão entre diâmetro transversal e longitudinal; EP: espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); I: distância entre internódios (cm); ALT: altura de plantas (cm). ¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 0.05 de significância; ²KS, ³F (Levene), ⁴F (Aditividade): estatística dos testes de Kolmogorov, Levene e Tukey respectivamente; valores com asterisco (*) indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0.01 de significância.



FIGURA 1 - Comparação entre o fenótipo do genitor doador e UFU-DTOM9 após um retrocruzamento.

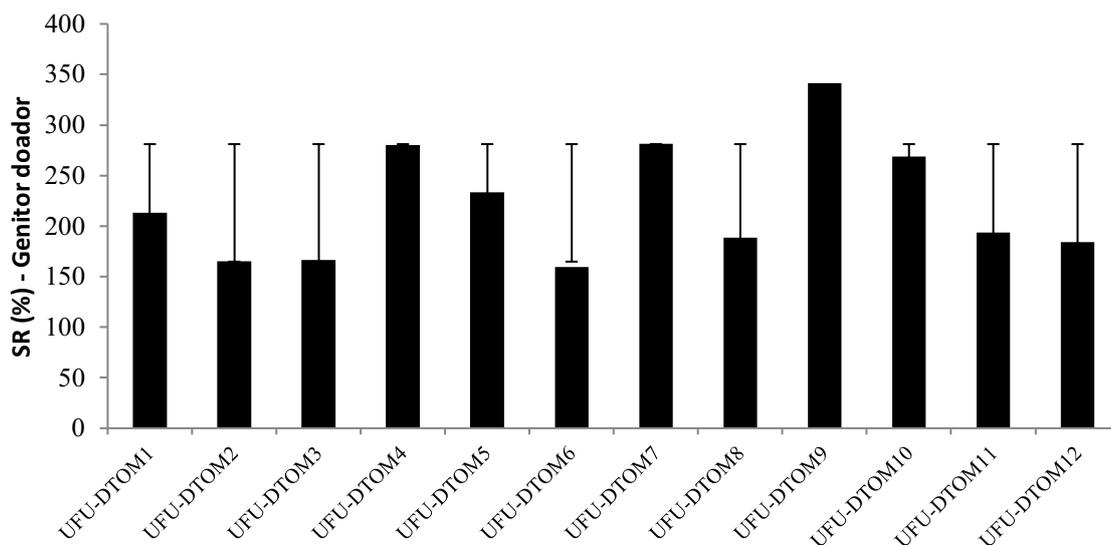


FIGURA 2 - Superioridade relativa da massa média do fruto de populações de tomateiro anão (F_2RC_1) em relação ao genitor doador.

Ao avaliar individualmente as variáveis do diâmetro transversal e longitudinal dos frutos das populações de tomateiro anão, não foi possível verificar diferenças expressivas com os frutos do genitor doador. Porém, se considerar o formato (DT/DL), as populações UFU-DTOM5, UFU-DTOM7, UFU-DTOM10 e UFU-DTOM11 foram estatisticamente similares ao genitor recorrente e híbrido comercial. Assim, pode-se afirmar que os frutos destas populações também possuem o formato de tomate do grupo Salada apesar do menor tamanho (Figura 3).



FIGURA 3 - Comparação da forma do fruto: da esquerda para a direita, respectivamente - genitor doador, híbrido (F_1 - doador *versus* genitor recorrente), UFU-DTOM7 (F_2RC_1) e genitor recorrente.

O teor de sólidos solúveis, a espessura da polpa e o número de lóculos dos frutos, bem como a altura de plantas e o comprimento entre internódios não se diferenciaram entre as populações anãs e genitor doador, cujos valores médios foram de 9,3 °Brix, 0,4 cm, 2,4 lóculos fruto⁻¹, 27,6 cm e 1,2 cm, respectivamente. O elevado teor de sólidos solúveis é desejado, pois há uma relação com maior expressão do sabor adocicado nos frutos e, conseqüentemente, preferência pelos consumidores (MACIEL et al., 2015; SCHWARZ et al., 2013). Além disso, o internódio reduzido das populações anãs também é vantajoso, pois possibilita a obtenção de plantas compactas em combinações híbridas, com maior número de pencas por metro linear de haste (FINZI et al., 2017a).

É importante ressaltar que as populações de tomateiro anão fazem parte do primeiro retrocruzamento com o genitor recorrente. Sugere-se para as próximas etapas da pesquisa o avanço no ciclo de autofecundações e a realização de mais um retrocruzamento para, posteriormente, obter linhagens e híbridos do tipo salada provenientes de linhagens anãs de forma similar aos obtidos por Finzi et al. (2017a) em minitomate. Desse modo, torna-se importante utilizar várias estratégias de seleção para se obter as populações anãs superiores. O uso de medidas de dissimilaridade genética e índice de seleção constituem-se excelentes alternativas.

A dissimilaridade estimada pela distância generalizada de Mahalanobis entre as plantas anãs variou de 3,37 (UFU-DTOM10 e UFU-DTOM11) a 99,64 (UFU-DTOM7 e genitor doador), demonstrando diversidade genética (dados não apresentados). Para visualização da dissimilaridade, foi utilizado dendrograma obtido pelo método UPGMA (Figura 4) e representação gráfica de dissimilaridade com base no método de Tocher Gráfico (Figura 5).

O dendrograma obtido pelo método UPGMA apresentou coeficiente de correlação cofenético de 0,88, significativo ao teste de *t* ($p < 0,01$), tornando-o satisfatório para representar a informação contida na matriz e posteriormente na formação dos grupos. Em outros trabalhos com a cultura do tomateiro, o método UPGMA também foi eficiente na separação de grupos (ARAUJO et al., 2016; MACIEL et al., 2018a; PEIXOTO et al., 2019). Com o corte de 30% no dendrograma, as populações constituíram três grupos distintos. O grupo I foi formado pela maioria das populações anãs, enquanto que o grupo II por UFU-DTOM9 e o grupo III pelo genitor doador. Observa-se que todas as populações anãs se diferenciaram do genitor doador. Isso reafirma o fato de que o primeiro retrocruzamento promoveu melhorias no

desempenho agrônomo das plantas anãs. A alocação de UFU-DTOM9 separadamente das demais foi devido, provavelmente, a esta população possuir maior massa de fruto. Já pela representação gráfica de dissimilaridade baseando-se no método de Tocher Gráfico (Figura 3), as populações mais contrastantes com o genitor doador foram: UFU-DTOM7, UFU-DTOM5 e UFU-DTOM10, na respectiva ordem. A visualização de divergência genética entre indivíduos por meio do Tocher Gráfico é importante na determinação de potenciais genitores em um programa de melhoramento (MACIEL et al., 2018b).

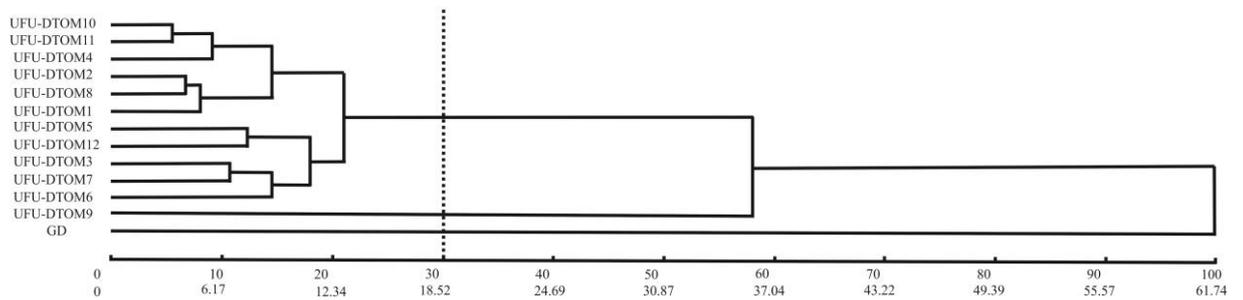


FIGURA 4 - Dendrograma da divergência genética obtido pelo Método Hierárquico de ligação média “UPGMA” como medida de dissimilaridade analisadas em populações de tomateiro anão F_2RC_1 . GD: genitor doador.

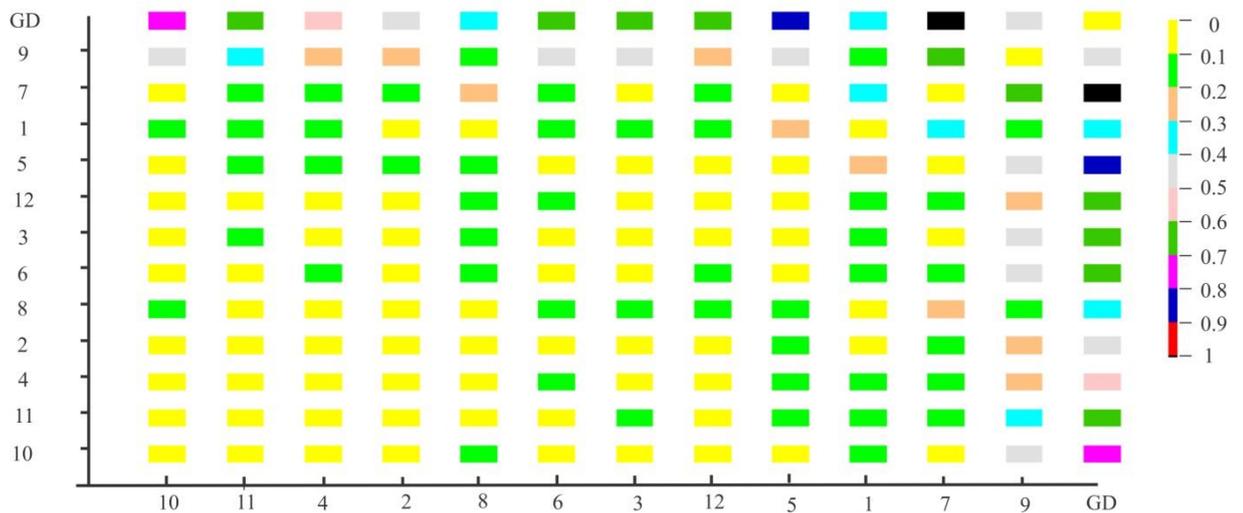


FIGURA 5 - Representação gráfica de dissimilaridade com base na distância de Mahalanobis, analisadas em populações de tomate anão F_2RC_1 . Os numerais indicam os números presentes nas populações UFU-DTOM; GD representa o genitor doador. As cores presentes no gráfico simbolizam a variabilidade de 0 a 1, sendo 1 a nota representativa da maior divergência genética.

Adicionalmente às medidas de dissimilaridade, o índice de seleção é um método que se baseia em vários caracteres simultaneamente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; ROSADO et al., 2012) e tem a vantagem de estimar ganhos genéticos para o maior número possível de características (REZENDE et al., 2014; VASCONCELOS et al., 2010). A utilização do ganho genético pode reduzir significativamente o tempo e recursos necessários para a seleção de plantas potenciais em um programa de melhoramento (HEFFNER; JANNINK; SORRELLS, 2011). Assim, os maiores ganhos genéticos, distribuídos de forma equilibrada entre todos os caracteres avaliados, foram obtidos por meio da seleção de cinco populações: UFU-DTOM3, UFU-DTOM5, UFU-DTOM7, UFU-DTOM9 e UFU-DTOM10. Ao se praticar a seleção com tais populações, foi estimado um incremento de até 6% no número de lóculos, diâmetro transversal, relação DT/DL e massa média do fruto (Figura 6). O ganho de seleção dentre as demais características foi considerado de menor importância em função do baixo valor do coeficiente de variação genético (dado não apresentado). Sabe-se que o índice de seleção utilizado neste trabalho já foi satisfatório para as culturas da alfafa (VASCONCELOS et al., 2010), açaí (TEIXEIRA et al., 2012), maracujá (ROSADO et al., 2012), milho pipoca (FREITAS et al., 2013), batata (TERRES et al., 2015), soja (BIZARI et al., 2017) e, também, para o tomateiro (NICK et al., 2013).

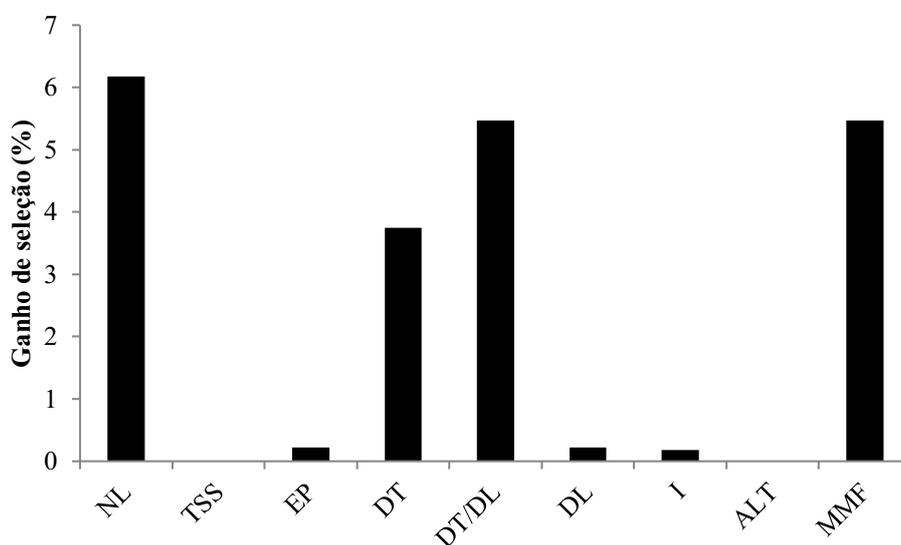


FIGURA 6 - Estimativas de ganhos de seleção (GS%) ao selecionar as populações UFU-DTOM7, UFU-DTOM10, UFU-DTOM5, UFU-DTOM9 e UFU-DTOM3 segundo índice da soma de "ranks" de Mulamba e Mock. MMF: massa média do fruto (g), TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix), DT: diâmetro transversal (cm); DL: diâmetro longitudinal (cm); DT/DL: razão entre diâmetro transversal e longitudinal; EP: espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); I: distância entre internódios (cm); ALT: altura de plantas (cm).

As populações UFU-DTOM7 e UFU-DTOM10 se destacaram tanto na análise univariada, como também na estimativa de ganho genético. Além disso, por meio das medidas de dissimilaridade (UPGMA e Tocher Gráfico) foi possível confirmar a dissimilaridade genética em relação ao genitor doador. Isso significa que UFU-DTOM7 e UFU-DTOM10 possuem potencial agrônomo.

4 CONCLUSÃO

As populações UFU-DTOM7 e UFU-DTOM10 são promissoras para obtenção de linhagens e posteriormente híbridos do tipo salada.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

ARAUJO, J. C. *et al.* Univariate and multivariate procedures for agronomic evaluation of organically grown tomato cultivars. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 34, n. 3, p. 374-380, jul./set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362016003011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v34n3/1806-9991-hb-34-03-00374.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

BIZARI, E. H. *et al.* Selection indices for agronomic traits in segregating populations of soybean. **Revista Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 110-117, jan./mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rca/v48n1/1806-6690-rca-48-01-0110.pdf>. Acesso em: 08 out. 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, v.38, n.4, p. 547-552, out./dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.32629>. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/32629/pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

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: 08 out. 2020.

FIGUEIREDO, A. S. T. *et al.* Comportamento de plantas de tomateiro indeterminado na presença de regulador de crescimento. **Revista Campo Digit@l**, Campo Mourão, v. 10, n. 1, p. 31-40, ago. 2015. Disponível em: <http://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/1830>. Acesso em: 08 out. 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/35763/19749>. Acesso em: 08 out. 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/fev, 2017a. 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 out. 2020.

FREITAS, I. L. J. *et al.* Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p. 1464-1471, nov. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v48n11/07.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

GARDNER, R. G.; PANTHEE, D. R. ‘Mountain Magic’: An early blight and late blight-resistant specialty type F1 hybrid tomato. **Hortscience**, [S. l.], v. 47, n. 2, p. 299-300, feb. 2012. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.2.299>. Disponível em: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/47/2/article-p299.xml>. Acesso em: 08 out. 2020.

GONÇALVES NETO, A. C. *et al.* Resistência à traça-do-tomateiro em plantas com altos teores de acilglicosídeos 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/pdf/hb/v28n2/a11v28n2.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

HEFFNER, E. L.; JANNINK, J.; SORRELLS, M. E. Genomic Selection Accuracy using Multifamily Prediction Models in a Wheat Breeding Program. **The Plant Genome**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 65-75, mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.3835/plantgenome2010.12.0029>. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.3835/plantgenome2010.12.0029>. Acesso em: 08 out. 2020.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. In: IBGE. Rio de Janeiro: [S. l.], 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: 16 set. 2019.

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

<http://www.funpecrp.com.br/gmr/year2017/vol16-1/pdf/gmr-16-01-gmr.16019539.pdf>. 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://www.scienciaplena.org.br/sp/article/view/2760/1368>. Acesso em: 08 out. 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/pdf/rcaat/v28n4/1983-2125-rcaat-28-04-00259.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Agronomic performance and genetic dissimilarity among cherry tomato genotypes. **Horticultura brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 36, n. 2, p. 167-172, abr./jun. 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180203>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v36n2/0102-0536-hb-36-02-167.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Agronomic potential and selection of okra hybrids to obtain potential genitors. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 36, n. 1, p. 112-117, jan./mar. 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180119>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v36n1/1806-9991-hb-36-01-112.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, Philadelphia, v. 27, n. 2, p. 209-220, fev. 1967. Disponível em: https://cancerres.aacrjournals.org/content/27/2_Part_1/209.full-text.pdf. Acesso em: 08 out. 2020.

MATOS, E. S.; SHIRAHIGE, F. H.; 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, abr./jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v30n2/v30n2a10.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

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.

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 Cytology**, Alexandria, v.7, p.40-51, 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: 08 out. 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, set. 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: 08 out. 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, set. 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: 08 out. 2020.

PEIXOTO, J. V. M. *et al.* Hierarchical and optimization methods for the characterization of tomato genotypes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 1, p. 27-31, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p27-32>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v23n1/1415-4366-rbeaa-23-01-0027.pdf>. Acesso em: 08 out. 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, jul./set. 2014. Disponível em: http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/643/pdf_101. Acesso em: 08 out. 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 agrônomico 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.

TEIXEIRA, D. H. L. *et al.* Índices de seleção no aprimoramento simultâneo dos componentes da produção de frutos em açaizeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 237-243, fev. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200012>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v47n2/v47n2a12.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

TERRES, L. R. *et al.* Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, n.3, p. 305-310, jul./set. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v33n3/0102-0536-hb-33-03-00305.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

VASCONCELOS, E. S. *et al.* Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfaça. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 205-210, mar./abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2010000200011>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rceres/v57n2/11.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

WAMSER, A. F. *et al.* Produtividade de híbridos de tomate submetidos ao cultivo superadensado. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 1, p. 168-174, jan./mar. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000100028>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v30n1/v30n1a28.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

CAPÍTULO II

POTENCIAL AGRONÔMICO, RESISTÊNCIA A PRAGAS E QUALIDADE DE FRUTO EM POPULAÇÕES F_3RC_1 DE TOMATEIRO ANÃO TIPO SALADA

POTENCIAL AGRONÔMICO, RESISTÊNCIA A PRAGAS E QUALIDADE DE FRUTO EM POPULAÇÕES F₃RC₁ DE TOMATEIRO ANÃO TIPO SALADA

RESUMO

Reunir em um mesmo híbrido ampla resistência a pragas, maior produtividade e qualidade nutricional de frutos é um desafio de melhoristas de tomateiro tipo Salada. Assim, o desenvolvimento de linhagens anãs do tipo Salada para a obtenção de híbridos poderia ser uma excelente alternativa para se alcançar tais objetivos. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial agronômico, a qualidade de frutos e a resistência a pragas de populações anãs F₃RC₁ do tipo Salada. Foram avaliados 13 tratamentos e quatro repetições, sendo dez populações anãs F₃RC₁ originadas da autofecundação de plantas selecionadas em populações anãs F₂RC₁, mais ambos os genitores (recorrente e doador) e um híbrido comercial. As características avaliadas foram: produtividade, número de frutos, massa média, número de lóculos, formato, espessura da polpa, diâmetro longitudinal e transversal do fruto, índice de precocidade, teores de sólidos solúveis, β-caroteno, licopeno e acilaçúcares. Os dados foram analisados por meio de teste de médias. De maneira geral, houve um aumento de até 1035% na massa média dos frutos das populações anãs em relação ao genitor doador. Em adição, algumas populações anãs apresentaram frutos com 49% a mais de licopeno em comparação com o híbrido comercial, bem como maiores teores de acilaçúcares nas folhas (273%). A população anã UFU-DW22 se destacou, com potencial agronômico, maiores teores de licopeno nos frutos e também elevados teores de acilaçúcares, o que confere resistência a pragas. Para a continuidade dos trabalhos sugere-se realizar o segundo retrocruzamento para obter linhagens e, posteriormente, híbridos compactos do tipo Salada com resistência a pragas e frutos com qualidade nutricional.

Palavras-chave: Acilaçúcares, licopeno, nanismo, *Solanum lycopersicum*.

AGRONOMIC POTENTIAL, PEST RESISTANCE AND FRUIT QUALITY IN BC₁F₃ DWARF ROUND TOMATO POPULATIONS

ABSTRACT

Combining broad pest resistance, high yield, and nutritional quality of fruit in the same hybrid is a challenge for round tomato breeders. Thus, development of a dwarf round tomato line for obtaining hybrids may be an excellent alternative for achieving such objectives. The aim of this study was to evaluate the agronomic potential, fruit quality, and pest resistance of BC₁F₃ dwarf round tomato populations. We evaluated 13 treatments and 4 replications. Treatments consisted of 10 BC₁F₃ dwarf populations originating from self-fertilization of dwarf populations selected in BC₁F₂, plus both parents (recurrent and donor) and a commercial hybrid. The traits evaluated were yield, number of tomatoes (fruit), mean weight, number of locules, shape, pulp thickness, longitudinal and transverse diameter of the fruit, precocity index, and soluble solids, β -carotene, lycopene, and acylsugar content. The data were analyzed through the means test. In general, there was an increase of up to 1035% in mean fruit weight of the dwarf populations in relation to the donor parent. In addition, some dwarf populations had fruit with 49% more lycopene compared to the commercial hybrid, as well as greater acylsugar content in the leaves (273%). The UFU-DW22 dwarf population stood out with good agronomic potential, higher lycopene content in the fruit, and high acylsugar content, which provides pest resistance. To continue this research, a second backcross is suggested in order to obtain lines and, posteriorly, hybrids with round fruits and compact plants, pest resistance and nutritional quality of fruit.

Keywords: Acylsugars, dwarfism, lycopene, *Solanum lycopersicum*.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro pode ser classificado em diferentes grupos: Santa Cruz, Caqui, Salada, Saladete (Italiano) e Minitomate (ALVARENGA, 2013). Dentre estes, o tomateiro do grupo Salada é o mais comercializado para o consumo *in natura* no Brasil (Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, 2019). Além disso, o segmento de mesa (tomate destinado ao consumo *in natura*) representa 63% da produção de tomate no país (BOTEON; DELEO; MOREIRA, 2020). Aliado ao interesse de produtores e consumidores, os programas de melhoramento têm investido em novas tecnologias para potencializar a produção do tomateiro tipo Salada.

Nas últimas décadas, a qualidade nutricional dos frutos de tomate foi prejudicada em detrimento do desenvolvimento de híbridos com frutos de amadurecimento uniforme e longa duração após colheita (longa vida) (LUPI et al., 2019; NGUYEN et al., 2014; POWELL et al., 2012; ZSÖGÖN et al., 2017). Por isso, torna-se essencial melhorar a qualidade gustativa e também as concentrações de compostos antioxidantes nos frutos de tomate, como o licopeno e β -caroteno, amplamente conhecidos por sua atividade na prevenção do câncer, doenças cardíacas e proteção do sistema imunológico (TIAN et al., 2016).

O desenvolvimento de genótipos com maior resistência a pragas também é fundamental. Estes podem ser obtidos pela introgressão de genes pertencentes a espécies selvagens ricas em aleloquímicos, como os acilaçúcares. Os acilaçúcares são encontrados principalmente nos tricomas glandulares e promovem resistência às diversas pragas pelo mecanismo de antixenose (GRUBER, 2017; LUCINI et al., 2015; MACIEL et al., 2018a, b; PEIXOTO et al., 2020). Reunir em um mesmo material genético ampla resistência a pragas e doenças, maior qualidade nutricional e produtividade é o principal desafio dos melhoristas.

Neste contexto, Finzi et al. (2017a) desenvolveram híbridos de minitomate provenientes do cruzamento entre um parental de fenótipo normal *versus* anão. Os resultados foram híbridos de fenótipo normal com internódios reduzidos, maior número de pencas por metro linear de haste e, conseqüentemente, maior produtividade. Apesar do sucesso obtido pelos autores, o parental anão utilizado na obtenção dos híbridos possui frutos pequenos e de formato oblongo (MACIEL; SILVA; FERNANDES, 2015), o que inviabiliza seu uso direto na obtenção de híbridos para o segmento Salada.

Sendo assim, Finzi et al. (2020) realizaram o primeiro retrocruzamento (F_2RC_1) visando o desenvolvimento de linhagens anãs com frutos do tipo Salada. Os autores observaram incremento na massa média e também no formato dos frutos. Porém, torna-se relevante avaliar o progresso em novas populações F_3RC_1 originadas da autofecundação e seleção em F_2RC_1 . Ademais, é essencial verificar a qualidade nutricional dos frutos, a resistência a pragas e o desempenho agrônomico de populações F_3RC_1 que serão destinadas ao desenvolvimento de linhagens anãs e, posteriormente, híbridos do tipo Salada.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o potencial agrônomico, a qualidade de frutos e a resistência indireta a pragas de populações anãs F_3RC_1 do tipo Salada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de outubro de 2019 a abril 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 dez populações anãs F_3RC_1 originadas da autofecundação de plantas selecionadas em populações anãs F_2RC_1 por Finzi et al. (2020). As populações F_2RC_1 foram obtidas por um retrocruzamento após hibridação de uma linhagem pré-comercial homozigota com padrões de fruto do tipo salada *versus* a linhagem anã UFU MC TOM1 (MACIEL; SILVA; FERNANDES, 2015). Assim, além das 10 populações anãs F_3RC_1 também foram utilizados ambos os genitores (recorrente e doador) e um híbrido comercial (Paronset®), totalizando 13 tratamentos. As populações F_3RC_1 e os genitores pertencem ao banco de germoplasma de tomateiro da UFU. O genitor recorrente e o híbrido comercial se caracterizam por possuir hábito de crescimento indeterminado e frutos vermelhos do tipo Salada. Por outro lado, UFU MC TOM1 é uma linhagem homozigota de porte anão com hábito de crescimento indeterminado (FINZI et al., 2017b) e frutos oblongos do tipo minitomate (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 haviam sido realizados para transferência de alelo recessivo.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno (200 células) em 16 de outubro de 2019. O transplântio ocorreu 58 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 o híbrido comercial foram conduzidos verticalmente com uma haste no sistema de tutoramento por fitilhos.

Na sequência do experimento utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com 13 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 (carreadores) foi utilizado espaçamento de 0,8 m, totalizando 312 plantas na casa de vegetação.

As colheitas foram realizadas semanalmente, no período de 13 de fevereiro a 23 de abril de 2020, totalizando nove colheitas. Os frutos de cada parcela experimental foram colhidos em estágio de maturação completa, sendo avaliados os seguintes caracteres agronômicos:

Produtividade (kg planta⁻¹) (P): razão entre a massa dos frutos colhidos e o número de plantas da parcela.

Número de frutos (frutos planta⁻¹) (NF): razão entre a contabilização total dos frutos e o número de plantas da parcela.

Massa média do fruto (g) (MMF): razão entre a massa e o número de todos os frutos colhidos da parcela.

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

Formato do fruto (DT/DL): obtido pela relação entre o diâmetro transversal e longitudinal (DT/DL). O genitor recorrente e o híbrido comercial foram utilizados como referências do segmento Salada 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 com auxílio de régua após cortar o fruto horizontalmente ao meio, contabilizando o número de lóculos. Em seguida, realizou-se a média com todos os frutos colhidos na parcela.

Índice de precocidade (%) (IP): razão entre a soma das massas de todos os frutos produzidos nas cinco primeiras colheitas e a massa total de frutos, multiplicada por 100.

Teores de β -caroteno (TbC) e licopeno (TL) (mg 100 mg⁻¹): A extração dos pigmentos do fruto foi realizada de acordo com metodologia proposta por Nagata e Yamashita (1992), com adaptações. Para avaliação dos carotenoides (β -caroteno e licopeno) foi adicionado 3 ml de acetona 100% em tubos contendo 1 g do fruto triturado e homogeneizado. Para evitar a oxidação dos carotenoides, as amostras foram incubadas a 4°C na ausência de luz pelo período de 48 horas. Duas fases foram separadas e uma alíquota foi retirada da fase superior para estimativa da densidade óptica a 450 e 470 nm em espectrofotômetro. O conteúdo de β -caroteno (TC β) e licopeno (TL) foi calculado segundo Rodrigues-Amaya (2001) e Rodrigues-Amaya e Kimura (2004).

Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) (TSS): obtido pela média de todos os frutos colhidos na parcela utilizando Refratômetro Digital Portátil (Atago PAL-1 3810).

Teor de açúcares (nmols cm⁻² de área foliar): obtido aos 69 dias após o transplântio utilizando-se uma amostra composta por oito discos foliares (equivalente a 4,2 cm²) localizados no terço superior de cada planta da parcela, sendo realizada a média da amostra composta em seguida. A extração e quantificação seguiram a metodologia proposta por Resende et al. (2002) e adaptada por Maciel e Silva (2014). O tomateiro *Solanum pennellii*, rico em açúcares, foi utilizado somente como parâmetro para comparação.

Após a verificação das pressuposições pela análise de homogeneidade de variância (Teste de Levene), normalidade (Teste de Kolmogorov-Smirnov) e aditividade de blocos (Teste de aditividade de Tukey), os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). As análises foram realizadas por meio do software Sisvar (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira geral, os genótipos se diferenciaram em todas as características avaliadas, exceto quanto ao teor de β -caroteno dos frutos. A produtividade do híbrido comercial foi dez vezes maior que a produtividade das plantas anãs. Isso ocorreu, como esperado, devido ao fenótipo das plantas anãs *versus* normais serem totalmente distintos, o que pode ser facilmente visualizado na Figura 1 em razão do contraste entre o porte do genitor recorrente e populações anãs. Por isso, neste trabalho será mais adequado enfatizar as diferenças entre populações anãs e genitor anão. Ressalta-se ainda que o principal objetivo do trabalho foi verificar o desempenho agrônomico, a qualidade nutricional dos frutos e a resistência indireta à pragas de populações anãs F_3RC_1 originadas da autofecundação de populações F_2RC_1 , as quais foram selecionadas por Finzi et al. (2020) para o desenvolvimento de linhagens anãs e posteriormente híbridos do tipo Salada.

A produtividade média das populações F_3RC_1 foi de 0,2 kg planta⁻¹, não se diferenciando entre si (Tabela 1). Porém, estas se diferiram quanto ao número e à massa média dos frutos. As populações anãs produziram cerca de 6 frutos planta⁻¹, exceto a população UFU-DW17, com 16,9 frutos planta⁻¹ em média. No entanto, UFU-DW17 obteve valores inferiores de massa média do fruto, o que justifica a mesma produtividade que as demais.

De modo geral, a massa média dos frutos das populações F_3RC_1 foi de, no mínimo, três vezes maior à massa média dos frutos do genitor doador. A população UFU-DW22 se destacou, obtendo frutos com 1035% a mais de massa. Em populações F_2RC_1 observadas por Finzi et al. (2020), o maior incremento na massa média dos frutos foi de 341%. Apesar de ambos os experimentos serem realizados em ambientes distintos, tais diferenças entre o desempenho de populações F_3RC_1 e F_2RC_1 podem ser explicadas pelo avanço no ciclo de autofecundações, que alteram a constituição genética reduzindo o número de *locus* em heterozigose e, conseqüentemente, as expressões de suas características.

O diâmetro transversal dos frutos das populações F_3RC_1 foi superior ao do genitor doador apresentando valores entre 3,1 cm e 4,4 cm, enquanto que o diâmetro longitudinal dos frutos em todas as plantas variou de 3,0 cm a 5,2 cm. A relação entre ambos os diâmetros permite a classificação dos frutos quanto ao seu formato (PEIXOTO et al., 2017), sendo determinado nesse estudo pela variável DT/DL.

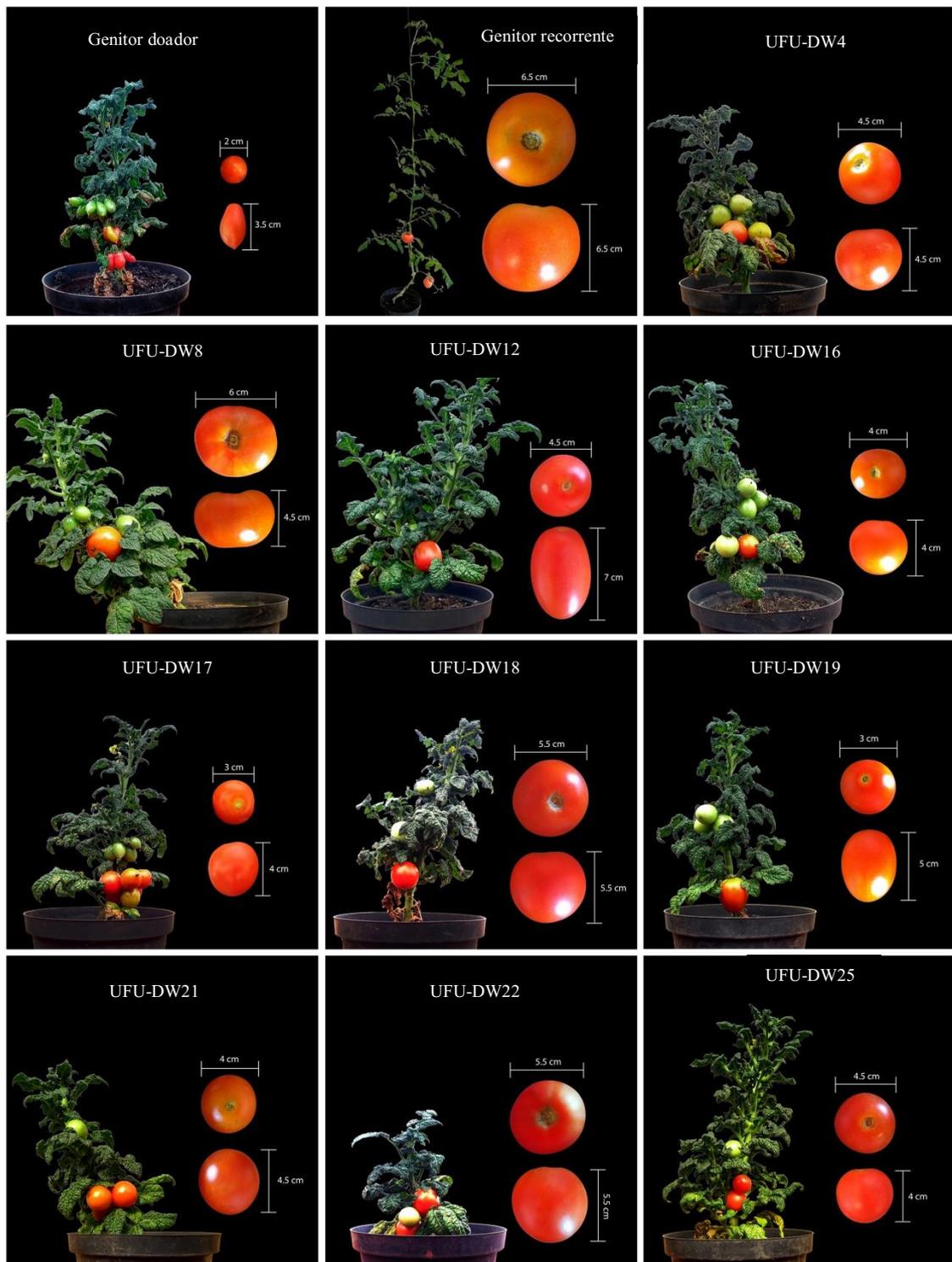


FIGURA 1 - Comparação entre o fenótipo dos genitores (doador e recorrente) e as populações anãs F₃RC₁. Os frutos ilustrados são os mais representativos de cada tratamento.

TABELA 1 - Características agronômicas avaliadas em populações F₃RC₁ de tomateiro anão, genitor recorrente, genitor doador e híbrido comercial.

Tratamentos	P ¹	NF	MMF	DT	DL	DT/DL	EP	NL	IP
UFU-DW4	0,2 c	7,4 c	27,0 e	3,8 d	3,5 e	1,1 b	0,6 c	3,1 c	51,5 a
UFU-DW8	0,2 c	7,0 c	34,1 d	4,2 c	3,7 d	1,1 b	0,6 c	4,0 b	38,1 b
UFU-DW12	0,3 c	9,9 c	32,6 d	3,5 e	4,7 b	0,8 e	0,6 c	2,1 d	43,0 b
UFU-DW16	0,1 c	5,9 c	18,2 f	3,2 e	3,4 e	0,9 c	0,5 d	2,5 d	34,5 b
UFU-DW17	0,3 c	16,9 b	15,6 f	3,1 e	3,5 e	0,9 d	0,4 d	2,1 d	47,3 a
UFU-DW18	0,2 c	5,2 c	31,3 d	4,1 c	3,8 d	1,1 b	0,7 c	3,3 c	37,8 b
UFU-DW19	0,2 c	8,0 c	24,0 e	3,4 e	4,2 c	0,8 e	0,6 c	2,2 d	33,9 b
UFU-DW21	0,1 c	4,9 c	24,7 e	3,5 e	3,8 d	0,9 c	0,6 c	2,9 d	34,7 b
UFU-DW22	0,3 c	6,1 c	55,6 c	4,4 c	5,2 a	0,9 d	0,8 b	3,1 c	40,3 b
UFU-DW25	0,1 c	6,1 c	20,3 f	3,2 e	3,0 e	1,1 b	0,4 d	2,1 d	56,0 a
Genitor doador	0,2 c	39,8 a	4,9 g	1,8 f	3,2 e	0,6 f	0,3 e	2,0 d	50,5 a
Genitor recorrente	0,7 b	7,4 c	90,0 b	5,5 b	5,1 a	1,1 b	0,7 b	4,7 a	63,1 a
Híbrido comercial	2,1 a	20,2 b	103,3 a	6,1 a	4,9 b	1,2 a	0,9 a	3,3 c	53,6 a
KS ²	0,1*	0,1*	0,1*	0,6*	0,1*	0,8*	0,1*	0,1*	0,1*
F (Levene) ³	4,7	2,4*	3,6	0,9*	2,1*	1,4*	1,6*	3,3	2,3*
F (Aditividade) ⁴	1,8*	0,3*	1,8*	5,2*	0,0*	0,6*	0,0*	0,0*	8,1
CV (%)	31,6	24,4	13,4	7,3	6,7	5,5	14,5	15,6	25,1

P: produtividade (kg planta⁻¹); NF: número de frutos (frutos planta⁻¹); MMF: massa média do fruto (g); DT: diâmetro transversal (cm); DL: diâmetro longitudinal (cm); DT/DL: razão entre diâmetro transversal e longitudinal; EP: espessura da polpa (cm); NL: número de lóculos (lóculos fruto⁻¹); TSS: teor de sólidos solúveis (°Brix); IP: índice de precocidade (%). ¹Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; ²KS, ³F (Levene), ⁴F (Aditividade): estatística dos testes de Kolmogorov, Levene e Tukey respectivamente; valores com asterisco (*) indicam resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade a 0,01 de significância.

As populações UFU-DW12 e UFU-DW19 apresentaram formato oblongo visualmente similar ao genitor doador (Figura 1). Por outro lado, baseando-se no teste estatístico de DT/DL é importante observar que as populações UFU-DW4, UFU-DW8, UFU-DW18 e UFU-DW25 apresentaram frutos de mesmo formato com o genitor recorrente. Vale enfatizar que os frutos ilustrados na Figura 1 são os mais representativos de cada tratamento e os valores de diâmetro podem não coincidir com suas respectivas médias encontradas na Tabela 1.

Além do formato, a espessura da polpa e o número de lóculos são importantes componentes que impactam na qualidade dos frutos de tomate. Estas características se relacionam com a firmeza do fruto, de modo que aqueles com polpas mais espessas e com menor número de lóculos podem ser mais firmes e suportar melhor o transporte a longa distância (SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015). Sendo assim, todas as plantas anãs apresentaram maior espessura de polpa em relação ao genitor doador. O incremento de 167% observado na espessura da polpa de UFU-DW22 em relação ao

genitor doador fez com que os frutos desta população se equiparassem aos frutos do genitor recorrente. Ademais, os frutos da maioria das plantas anãs apresentaram poucos lóculos, de maneira similar ao genitor doador, exceto UFU-DW4, UFU-DW8, UFU-DW18 e UFU-DW22.

A precocidade na colheita também variou dentre os genótipos. Entre a primeira e quinta colheita dos frutos, o genitor doador, recorrente e o híbrido comercial já haviam alcançado mais da metade de sua produção total, com índice de precocidade de 50,5%, 63,1% e 53,6%, respectivamente. As populações UFU-DW4, UFU-DW17 e UFU-DW25 também apresentaram precocidade estatisticamente similar aos supracitados. Contudo, a precocidade das demais plantas anãs no mesmo período foi de, em média, 38%. Ressalta-se que a alta produtividade aliada à precocidade são umas das principais características buscadas por produtores de tomate (MACIEL et al., 2018c).

Além do desempenho agrônomo, a qualidade nutricional dos frutos é fundamental. O teor de licopeno e β -caroteno determinam em grande parte o valor nutricional dos frutos de tomate (SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015). A concentração de β -caroteno nos frutos não variou dentre os genótipos, com valor médio de 2,53 mg 100 mg⁻¹ (Figura 2). Em contrapartida, o teor de licopeno dos frutos variou entre 1,91 e 2,94 mg 100 mg⁻¹. As populações UFU-DW8, UFU-DW16, UFU-DW17, UFU-DW21, UFU-DW22 e UFU-DW25 apresentaram os maiores valores de licopeno, sendo superiores em 49%, 44%, 30%, 42%, 49% e 41%, respectivamente, ao híbrido comercial. As concentrações de licopeno nos frutos podem depender do genótipo, do estágio de maturação e de sua interação com o meio ambiente (LONDOÑO-GIRALDO et al., 2020). Neste estudo, a diferença nas concentrações de licopeno é explicada pelo genótipo.

Outra característica muito importante à qualidade nutricional dos frutos é o teor de sólidos solúveis. Estes se relacionam diretamente com o sabor, pois quanto maior seu teor, maior expressão do sabor adocicado nos frutos, sendo estes preferidos pelos consumidores (MACIEL et al., 2015; SCHWARZ et al., 2013). Os frutos apresentaram sólidos solúveis maiores ou iguais a 4,0 °Brix, sendo que para as populações F₃RC₁ foram obtidos valores que variaram de 4,9 a 5,7, com diferença de, em média, 1,3° Brix entre os frutos do híbrido comercial e genitor recorrente.

É importante enfatizar que, nas últimas décadas, pesquisadores têm buscado desenvolver genótipos com frutos de maior qualidade nutricional e sabor em relação aos existentes no mercado.



FIGURA 2 - Teores de β -caroteno (TbC), licopeno (TL) e sólidos solúveis (TSS) dentre os tratamentos avaliados. Médias seguidas por letras e cores distintas diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Neste contexto, Zsögön et al. (2018) modificaram a morfologia do tomateiro selvagem *S. pimpinellifolium*, bem como o tamanho, número e qualidade nutricional dos frutos por meio de edição gênica pela técnica CRISPR-Cas9. Com estes novos genótipos, os autores relataram incremento de 500% no teor de licopeno dos frutos em

comparação com o *S. lycopersicum* amplamente cultivado. Além disso, Lupi et al. (2019) criaram uma linhagem transgênica de tomate com superexpressão do gene *SIGLK2* que impossibilita o amadurecimento uniforme mas que aumenta a qualidade nutricional do fruto. Os autores obtiveram um aumento no nível de tocoferol (vitamina E) em frutos maduros e maior teor de sólidos solúveis, possivelmente pela regulação dos genes codificadores de enzimas do metabolismo do açúcar. No presente estudo, o alcance de maiores teores de licopeno e sólidos solúveis foi possibilitado pela variação genética dos genótipos, sem exigir técnicas mais complexas de biotecnologia que envolve manipulações gênicas.

Além de melhorar a qualidade nutricional dos frutos, outro grande desafio enfrentado pelos melhoristas é o desenvolvimento de genótipos com resistência a pragas. Os acilaçúcares são aleloquímicos presentes nos tricomas glandulares que promovem resistência às diversas pragas pelo mecanismo de antixenose (GRUBER, 2017; LUCINI et al., 2015; MACIEL et al., 2018a, 2018b; PEIXOTO et al., 2020). O aleloquímico possui alta correlação com a resistência das plantas ao ácaro rajado (*Tetranychus urticae*), mosca-branca (*Bemisia tabaci*), mosca-minadora (*Liriomyza* spp.) e à traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) (LUCINI et al., 2015; MACIEL et al., 2018a; PEIXOTO et al., 2019, 2020; RAKHA et al., 2017). Neste estudo, o tomateiro selvagem *S. pennellii* apresentou elevados teores do aleloquímico acilaçúcar (média de 36.66 nmols cm⁻² de área foliar), como já era esperado (Figura 3).

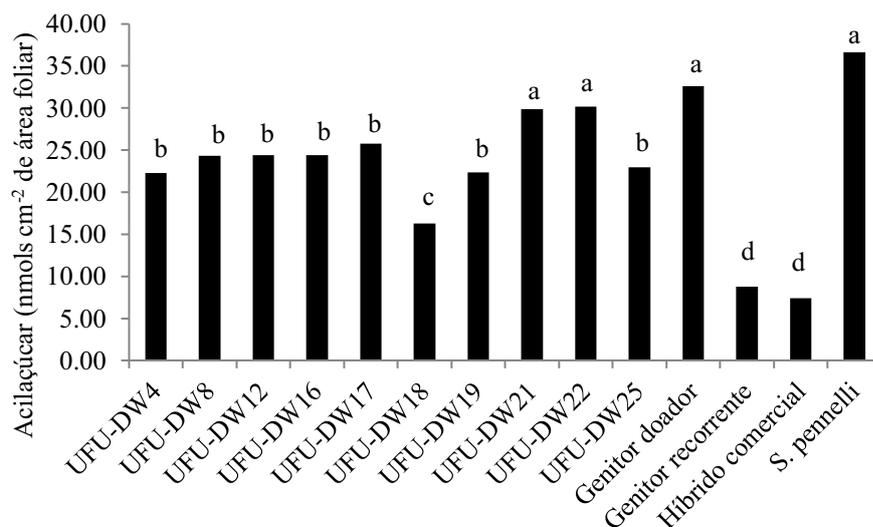


FIGURA 3 - Teores de acilaçúcares (nmols cm⁻² de área foliar) em populações anãs F₃RC₁, *Solanum pennellii*, genitor doador, recorrente e híbrido comercial. Médias seguidas por letras distintas diferem entre si de acordo com o teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

Porém, foi possível observar um resultado inédito e muito importante para a cultura do tomate: o genitor doador também obteve elevados teores de acilaçúcares nas folhas (média de 32,61 nmols cm⁻² de área foliar), não se diferenciando estatisticamente do *S. pennellii*. Isso demonstra que o genitor doador deste estudo também possui potencial para transferir genes de resistência às suas progênes, assim como o *S. pennellii* que é utilizado em programas de melhoramento para desenvolver genótipos de tomate com resistência à pragas. Por isso, elevadas quantidades do aleloquímico também foram encontradas nas populações anãs UFU-DW21 e UFU-DW22 (29,89 e 30,18 nmols cm⁻² de área foliar, respectivamente). Ademais, mesmo não apresentando elevados teores do aleloquímico como as plantas supracitadas, as demais populações anãs ainda foram superiores ao híbrido comercial e genitor recorrente. O incremento no teor de acilaçúcares das populações anãs variou entre 101% (UFU-DW18) e 273% (UFU-DW22) quando em comparação com o híbrido comercial e genitor recorrente.

De maneira geral, as populações anãs F₃RC₁ apresentaram potencial agrônômico e um progresso considerável em relação à geração F₂RC₁ (FINZI et al., 2020), além de maior teor de licopeno nos frutos e também resistência indireta à pragas em comparação com híbridos existentes no mercado. A população UFU-DW22 se destacou, apresentando maior massa média do fruto, bem como teores de licopeno e acilaçúcares. Fica evidente que a utilização de linhagens anãs com frutos do tipo Salada provenientes do genitor anão deste estudo possibilita diversas vantagens para a obtenção de híbridos além do aumento da produtividade relatado por Finzi et al. (2017a). Para dar continuidade a trabalhos com as plantas anãs F₃RC₁ deste estudo, sugere-se realizar o segundo retrocruzamento para obter linhagens e, posteriormente, híbridos provenientes de linhagens anãs do tipo Salada.

4 CONCLUSÃO

A população anã UFU-DW22 apresenta potencial agrônômico, maiores teores de licopeno nos frutos e também elevados teores de acilaçúcar, o que confere resistência a pragas.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2013. 455 p.

BOTEON, M.; DELEO, J. P. B.; MOREIRA, M. M. Tomaticultura em números. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, v. 19, n. 201, p. 13-18, jun. 2020. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/especial-tomate-impactos-covid-19-nos-curto-e-medio-prazos.aspx>. Acesso em: 08 out. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil). Tomate: análise dos indicadores da produção e comercialização no mercado mundial, brasileiro e catarinense. *In*: **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Brasil)**. Brasília, DF: Conab, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab/item/12529-compendio-de-estudos-da-conab-v-21-tomate-analise-dos-indicadores-da-producao-e-comercializacao-no-mercado-mundial-brasileiro-e-catarinense>. Acesso em: 29 jul. 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cagro/v35n6/a01v35n6.pdf>. Acesso em: 08 out. 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/35763/19749>. Acesso em: 08 out. 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/pdf/cagro/v44/1981-1829-cagro-44-e028819.pdf>. Acesso em: 08 out. 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, 2017a. 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 out. 2020.

GRUBER, K. The living library: Wild and heirloom plants are giving major crop varieties, and the global food system, a genetic makeover. **Nature**, [S. l.], v.544, p.8-10, abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/544S8a>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/544S8a>. Acesso em: 08 out. 2020.

LONDOÑO-GIRALDO, L. M. *et al.* Selection of promissory crops of wild cherry-type tomatoes using physicochemical parameters and antioxidant contents. **Bragantia**,

Campinas, v. 79, n. 2, p.169-179, abr./jun. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20190276>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v79n2/0006-8705-brag-1678-449920190276.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

LUCINI, T. *et al.* Acylsugar and the role of trichomes in tomato genotypes resistance. **Arthropod-Plant Interactions**, [S. l.], v.9, p.45-53, jan. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-014-9347-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11829-014-9347-7>. Acesso em: 08 out. 2020.

LUPI, A. C. D. *et al.* *Solanum lycopersicum* GOLDEN 2-LIKE 2 transcription factor affects fruit quality in a light- and auxin dependent manner. **Plos One**, San Francisco, v. 14, n. 2, p. 1-22, fev. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212224>. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0212224>. 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://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/2760/1368>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Tomato genotypes with determinate growth and high acylsugar concentration presenting resistance to spider mite. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.18, n. 1, p.1-8, maio. 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1a1>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cbab/v18n1/1984-7033-cbab-18-01-1.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Multivariate techniques in the determination of genetic diversity in pest-resistant mini tomato genotypes. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.36, n. 4, p.504-509, out./dez. 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180413>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v36n4/1806-9991-hb-36-04-504.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M.; SILVA, E. C. Proposta metodológica para quantificação de açúcares em folíolos de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.32, n. 2, p.174-177, abr./jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200009>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v32n2/0102-0536-hb-32-02-00174.pdf>. Acesso em: 08 out. 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/pdf/rcaat/v28n4/1983-2125-rcaat-28-04-00259.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

MACIEL, G. M. *et al.* Agronomic performance and genetic dissimilarity among cherry tomato genotypes. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 36, n. 2, p. 167-172, abr./jun. 2018c. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180203>. Disponível

em: <https://www.scielo.br/pdf/hb/v36n2/0102-0536-hb-36-02-167.pdf>. Acesso em: 08 out. 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/_pdf/-char/ja. Acesso em: 08 out. 2020.

NGUYEN, C. V. *et al.* Tomato GOLDEN2-LIKE transcription factors reveal molecular gradients that function during fruit development and ripening. **The Plant Cell**, Waterbury, v. 26, n. 2, p. 585-601, fev. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1105/tpc.113.118794>. Disponível em: <http://www.plantcell.org/content/plantcell/26/2/585.full.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

PEIXOTO, J. V. M. *et al.* Hierarchical and optimization methods for the characterization of tomato genotypes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 1, p. 27-31, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n1p27-32>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v23n1/1415-4366-rbeaa-23-01-0027.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

PEIXOTO, J. V. M. *et al.* Tomaticultura: aspectos morfológicos e propriedades físico-químicas do fruto. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 19, n.1, p. 108-131, 2017. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/RCR/article/view/96/130>. Acesso em: 08 out. 2020.

PEIXOTO, J. V. M. *et al.* Productivity, acylsugar concentrations and resistance to the two-spotted spider mite in genotypes of salad tomatoes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 24, n.9, p. 596-602, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n9p596-602>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v24n9/1807-1929-rbeaa-24-09-0596.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

POWELL, A. L. T. *et al.* *Uniform ripening* Encodes a *Golden 2-like* Transcription Factor Regulating Tomato Fruit Chloroplast Development. **Science**, [S. l.], v. 336, n. 6089, p. 1711-1715, jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1222218>. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/336/6089/1711>. Acesso em: 08 out. 2020.

RAKHA, M. *et al.* Evaluation of wild tomato accessions (*Solanum* spp.) for resistance to two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch) based on trichome type and acylsugar concentration. **Genetic Resources and Crop Evolution**, [S. l.], v. 64, p.1011-1022, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0421-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10722-016-0421-0>. Acesso em: 08 out. 2020.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute and International

Center for Tropical Agriculture, 2004. 58 p. Disponível em: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/57a08cbae5274a31e00013d4/tech02.pdf>. Acesso em: 08 out. 2020.

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

SCHWARZ, K. *et al.* Desempenho agrônomo 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.

SIDDIQUI, M. W.; AYALA-ZAVALA, J. F.; DHUA, R. S. Genotypic variation in tomatoes affecting processing and antioxidant attributes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 55, n. 13, p. 1819-1835, maio. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.710278>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2012.710278>. Acesso em: 08 out. 2020.

TIAN, X. *et al.* Fast determination of lycopene content and soluble solid content of cherry tomatoes using metal oxide sensors based electronic nose. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 45, n. 2, p. 182-189, jun. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1556/AAlim.2015.0006>. Disponível em: <https://akjournals.com/view/journals/066/45/2/article-p182.xml>. Acesso em: 08 out. 2020.

ZSÖGÖN, A. *et al.* *De novo* domestication of wild tomato using genome editing. **Nature Biotechnology**, [S. l.], v. 36, p.1211-1216, out. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt.4272>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nbt.4272>. Acesso em: 08 out. 2020.

ZSÖGÖN, A. *et al.* Genome editing as a tool to achieve the crop ideotype and *de novo* domestication of wild relatives: Case study in tomato. **Plant Science**, [S. l.], v. 256, p. 120-130, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.12.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168945216309037?via%3Dihub>. Acesso em: 08 out. 2020.