

ADEMIR MARTINS LIMA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE HÍBRIDOS DE TOMATEIRO PARA MESA
OBTIDOS MEDIANTE SELEÇÃO ASSISTIDA POR MARCADORES
MOLECULARES VISANDO PIRAMIDAÇÃO DE GENES DE RESISTÊNCIA A
DOENÇAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Derly José Henriques da Silva

Coorientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L732a
2024

Lima, Ademir Martins, 1992-

Avaliação do potencial de híbridos de tomateiro para mesa obtidos mediante seleção assistida por marcadores moleculares visando piramidação de genes de resistência a doenças / Ademir Martins Lima. – Viçosa, MG, 2024.

1 dissertação eletrônica (63 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Derly José Henriques da Silva.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Agronomia, 2024.

Referências bibliográficas: f. 56-63.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.378>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Tomate - Melhoramento genético. 2. Tomate - Resistência a doenças e pragas - Aspectos genéticos. 3. Marcadores genéticos. I. Silva, Derly José Henriques da, 1961-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 631.52

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz Pinto CRB-6/3317

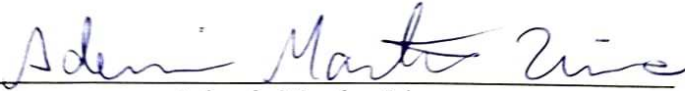
ADEMIR MARTINS LIMA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE HÍBRIDOS DE TOMATEIRO PARA MESA
OBTIDOS MEDIANTE SELEÇÃO ASSISTIDA POR MARCADORES
MOLECULARES VISANDO PIRAMIDAÇÃO DE GENES DE RESISTÊNCIA A
DOENÇAS**

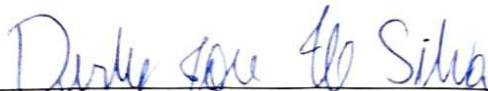
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 11 de março de 2024.

Assentimento:



Ademir Martins Lima
Autor



Derly José Henriques da Silva
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a oportunidade de fazer parte da existência e evolução do universo.

Aos amigos espirituais, pela proteção, orientação, amparo e auxílio.

Ao meu orientador Derly José Henriques da Silva, pelas oportunidades proporcionadas, ensinamentos, dedicação, orientação, apoio e paciência.

Ao meu coorientador Pedro Crescêncio Souza Carneiro pela orientação.

Aos meus pais, Valdoir e Edma, pela minha criação, educação, amor, carinho, incentivos, oportunidades, confiança, paciência e por me ensinarem bons valores que construíram meu caráter.

À minha companheira, Thamires, e ao meu filho, Caiman, por todo o amor, carinho, incentivo, apoio, paciência, e pela felicidade que trazem à minha vida.

Aos colegas Denizard, Adaíla, Wanderson e Tâmara pela colaboração ao longo do mestrado.

Aos meus irmãos, Wanderson, Natália e João Vitor, por todo o amor, carinho, incentivo, apoio e por terem feito minha infância mais feliz.

A todos os meus amigos e familiares que fizeram e fazem parte da minha caminhada, por toda a amizade, apoio, alegria e felicidade proporcionadas.

A todos os professores, técnicos, estudantes, servidores, colaboradores, colegas e grupos de estudo da UFV que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

Às agências de fomento à pesquisa CAPES, FAPEMIG e CNPq, pelo apoio financeiro.

A todos aqueles integrantes do governo que se preocuparam em melhorar a qualidade da educação pública e em manter sua gratuidade.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

RESUMO

LIMA, Ademir Martins, Universidade Federal de Viçosa, março de 2024. **Avaliação do potencial de híbridos de tomateiro para mesa obtidos mediante seleção assistida por marcadores moleculares visando piramidação de genes de resistência a doenças.** Orientador: Derly José Henriques da Silva. Coorientador: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é a hortaliça fruto mais importante do mundo, sendo o Brasil o 8º maior produtor mundial. A cultura é acometida por diversas doenças, o que gera grandes perdas de produção e leva os agricultores a usarem uma elevada quantidade de agrotóxicos para controlá-las, podendo causar diversos prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente, além de elevar os custos de produção, o que resulta em prejuízos econômicos para o agricultor. Uma das maneiras mais eficientes e sustentáveis para o controle das doenças é a utilização de cultivares resistentes. Diversos genes de resistência às doenças já foram identificados no tomateiro e em espécies silvestres do gênero *Solanum* e são utilizados nos programas de melhoramento de tomateiro, os quais vêm buscando desenvolver cultivares que sejam produtivos, possuam alta qualidade de frutos e sejam resistentes às principais doenças. O desenvolvimento de cultivares resistentes vêm se tornando cada vez mais fácil, rápido e eficiente com a utilização da seleção assistida por marcadores (SAM), possibilitando a piramidação de vários genes de resistência em um mesmo cultivar. Este trabalho teve como objetivos: obter 16 híbridos de tomateiro para mesa com alto número de genes de resistência a doenças utilizando a SAM; avaliar o desempenho *per se* destes híbridos em relação à produtividade, qualidade de frutos, precocidade, morfologia das plantas e compará-los com a cultivar testemunha Mascot (Agristar); avaliar, mediante análise dialélica, o potencial dos híbridos e seus genitores para uso em programas de melhoramento. Os híbridos 4A, 1A, 1B e 3B foram classificados como promissores para a utilização em programas de melhoramento para a melhoria das características de interesse, devido às suas altas capacidades gerais de combinação (CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC) para tais características. Foram obtidos 15 híbridos altamente resistentes às principais doenças do tomateiro, sendo os híbridos 4A, 2A, 3C e 4C os mais promissores, por terem altas produtividades e boa qualidade dos frutos, sendo superiores à testemunha para a maioria das características avaliadas, e possuindo 9, 8, 9 e 8 genes de resistência, respectivamente, dentre os genes avaliados.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*; Resistência a doenças; Melhoramento genético; Seleção assistida por marcadores; Dialelo parcial.

ABSTRACT

LIMA, Ademir Martins, Universidade Federal de Viçosa, March, 2024. **Evaluation of the potential of fresh market tomato hybrids obtained through molecular markers assisted selection aiming at pyramiding disease resistance genes.** Adviser: Derly José Henriques da Silva. Co-adviser: Pedro Crescêncio Souza Carneiro.

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is the most important fruit vegetable in the world, with Brazil being the 8th largest producer worldwide. The crop is affected by several diseases, which generates large production losses and leads farmers to use a large amount of pesticides to control them, which can cause various damages to human health and the environment, in addition to increasing production costs, which results in economic losses for the farmer. One of the most efficient and sustainable ways to control diseases is the use of resistant cultivars. Several disease resistance genes have already been identified in tomato and in wild species of the genus *Solanum* and are used in tomato breeding programs, which have sought to develop cultivars that are productive, have high fruit quality and are resistant to the main diseases. The development of resistant cultivars has become increasingly easier, faster and more efficient with the use of marker-assisted selection (MAS), enabling the pyramiding of several resistance genes in the same cultivar. This work aimed to: obtain 16 fresh market tomato hybrids with a high number of disease resistance genes using MAS; evaluate the performance *per se* of these hybrids in relation to productivity, fruit quality, precocity, plant morphology and compare them with the control cultivar Mascot (Agristar); evaluate, through diallel analysis, the potential of the hybrids and their parents for use in breeding programs. The hybrids 4A, 1A, 1B and 3B were classified as promising for use in breeding programs to improve traits of interest, due to their high general combining abilities (GCA) and specific combining abilities (SCA) for such traits. 15 hybrids highly resistant to the main tomato diseases were obtained, with the hybrids 4A, 2A, 3C and 4C being the most promising, as they have high productivity and good fruit quality, being superior to the control for most of the evaluated characteristics, and having 9, 8, 9 and 8 resistance genes, respectively, among the genes evaluated.

Keywords: *Solanum lycopersicum*; Disease resistance; Plant breeding; Marker-assisted selection; Partial diallel.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1 A cultura do tomate	9
2.1.1 Botânica	9
2.1.2 Tipos de plantas e frutos	10
2.1.3 Valor nutricional.....	11
2.2 Doenças do tomateiro e suas conseqüências	11
2.2.1 Danos ao meio ambiente e à saúde humana	11
2.2.2 Custos de produção, mão-de-obra e lucro	13
2.2.3 Algumas doenças causadas por fungos e oomicetos	14
2.2.4 Algumas doenças causadas por nematoides	16
2.2.5 Algumas doenças viróticas	17
2.3 Melhoramento genético	19
2.3.1 Resistência a doenças	19
2.3.2 Produtividade.....	22
2.3.3 Qualidade e morfologia dos frutos	23
2.3.4 Morfologia das plantas	25
2.3.5 Desenvolvimento de cultivares de tomateiro.....	25
3. OBJETIVOS.....	28
3.1 Objetivo geral	28
3.2 Objetivos específicos	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Obtenção dos híbridos	29
4.2 Plantio e cultivo das plantas em condições experimentais	31
4.3 Avaliação dos genótipos.....	33
4.3.1 Precocidade.....	33
4.3.2 Características morfológicas.....	33
4.3.3 Qualidade dos frutos	34
4.3.4 Produção, produtividade e peso de frutos.....	35
4.3.5 Análise de desfrute	36
4.4 Análises estatísticas	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6. CONCLUSÕES.....	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é considerado uma das espécies olerícolas mais importantes do mundo, pois além de seu uso *in natura* possui grande importância para o setor industrial. Em 2022 foram produzidas 186,1 milhões de toneladas mundialmente, sendo o Brasil o 8º maior produtor, com produção de 3,8 milhões de toneladas naquele ano. A China é a maior produtora mundial, seguida da Índia, Turquia, EUA, Egito, Itália e México, nesta ordem (FAO, 2022).

A área de tomate plantada mundialmente perde apenas para a batata, batata doce e cebola, dentre as hortaliças. O tomate é a segunda hortaliça com maior produção mundial, em toneladas, ficando atrás apenas da batata. Considerando-se somente as hortaliças cujo produto comercial é o fruto, o tomate lidera tanto em produção quanto em área plantada mundialmente (FAO, 2022).

No Brasil, o tomate é a terceira hortaliça mais consumida, ficando atrás apenas da batata e da batata doce (POF/IBGE 2017-2018). Possui grande relevância para a economia brasileira, com produção no montante de 8,6 bilhões de reais em 2022 (IBGE, 2022). Ainda neste contexto, é uma cultura de grande importância social, sendo responsável pela geração de cerca de 300 mil empregos na cadeia produtiva, com R\$433,3 milhões pagos em salários em 2013 (ABCSEM, 2014), tendo em vista que é uma cultura que necessita de mão de obra manual intensiva.

O tomate foi introduzido no Brasil no final do século XIX através de imigrantes europeus, e seu consumo somente começou a ser amplamente difundido por volta de 1930, após o final da primeira guerra mundial (ALVARENGA, 2013). No entanto, seu centro de diversidade é sul-americano e se estende desde o Equador até a o Chile, na região andina, e sua domesticação aconteceu no México.

Um importante fator que pode causar redução da produtividade e qualidade de frutos e produtos derivados de tomate é a presença de doenças nas áreas de cultivo, o que pode resultar em grandes prejuízos para os produtores. O tomate é uma das culturas que mais sofre com os prejuízos proporcionados por doenças, sendo suscetível a diversas espécies patogênicas de oomicetos, fungos, bactérias, nematoides e vírus, além de estresses abióticos. Já foram relatados mais de duzentas doenças e distúrbios fisiológicos para o tomateiro mundialmente (LOPES; ÁVILA, 2005).

Na ausência de medidas efetivas de controle das doenças, as perdas de produção proporcionadas por estas podem chegar à totalidade, sendo as doenças viróticas as de mais

difícil controle e as que mais causam prejuízos (PANNO et al., 2021). Neste contexto, os produtores utilizam diferentes métodos para mitigar os prejuízos causados pelas doenças, como práticas culturais, cultivo protegido, utilização de defensivos, cultivares resistentes, entre outros (LOPES; ÁVILA, 2005; PESSOA et al., 2022). O método mais comum utilizado pelos tomaticultores é a frequente aplicação de agrotóxicos, o que coloca em risco a saúde dos trabalhadores, consumidores e meio ambiente, e encarece os custos de produção, devido aos preços dos equipamentos e produtos, e à mão-de-obra necessária para aplicação destes (VALE; LOPES; ALVARENGA, 2013; FILHO; MARIN; FERNANDES, 2009).

O desenvolvimento de cultivares de tomate resistente às principais doenças que acometem a cultura tem se mostrado uma das maneiras mais eficientes de se reduzir os prejuízos proporcionados pelas doenças e o consequente uso de agrotóxicos, e vem se tornando uma medida cada vez mais explorada pelas empresas produtoras de sementes e pelos agricultores. A utilização de cultivares resistentes reduz significativamente as perdas de produção devido às doenças, a necessidade de aplicação de agrotóxicos para controle destas, e, conseqüentemente, os potenciais danos ambientais e à saúde humana relacionados ao uso de agrotóxicos (FOOLAD; PANTHEE, 2012; TIWARI et al., 2022).

Cultivares de tomateiro vêm sendo desenvolvidos desde a primeira metade do século passado, mas recentemente, a utilização da seleção assistida por marcadores moleculares tornou-se um divisor de águas nos programas de melhoramento de tomateiro, e tem possibilitado o desenvolvimento de cultivares de tomateiro de forma mais rápida e precisa, contendo genes de interesse específicos, especialmente aqueles que conferem resistência a doenças (FOOLAD; PANTHEE, 2012; SIMKO et al., 2021; TIWARI et al., 2022).

Características relacionadas à produtividade e qualidade dos frutos também devem ser levadas em consideração no processo de melhoramento para que os cultivares obtidos tenham sucesso no mercado. Portanto, o desenvolvimento de cultivares produtivos, com alta qualidade de frutos e resistente às principais doenças, utilizando-se a seleção assistida por marcadores moleculares, é um método promissor para o controle das principais doenças do tomateiro e suas conseqüências, além de possibilitar a redução do uso de agrotóxicos e dos prejuízos advindos destes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do tomate

Em 2022 estima-se que foram colhidos 4,9 milhões de hectares de tomate mundialmente, com produtividade média estimada de 37,8 t/ha, a qual vem crescendo gradualmente desde 2018, acumulando ganho de 4,11% de 2018 para 2022. No Brasil, colheu-se 54,5 mil hectares naquele ano, 5% a mais que em 2021, com produtividade média de 69,9 t/ha, uma queda de 1,38% em relação a 2021, mas ainda muito acima da produtividade média mundial. Os EUA possuem a maior produtividade média no mundo, com 95,5 t/ha em 2022, seguido por Turquia, Espanha e Brasil, nesta ordem (FAO, 2022).

2.1.1 Botânica

O tomateiro é uma planta pertencente ao filo Magnoliophyta (angiospermas), classe Magnoliopsida (dicotiledôneas), ordem Tubiflorae, família Solanaceae e gênero *Solanum* (ALVARENGA, 2013). Pertence ao mesmo gênero da batata, jiló e beringela, espécies que fazem parte da alimentação diária do brasileiro. É uma planta diplóide, com 24 cromossomos ($2n = 2x = 24$) e mecanismo fotossintético C3 (PONTELO, 2020; SIMKO et al., 2021).

As raízes do tomateiro são constituídas por raízes adventícias, secundárias e raiz principal, a qual pode atingir até 1,5 m de profundidade. Normalmente, a camada de 0 a 20 cm do solo contém aproximadamente 70% das raízes. O caule é herbáceo, suculento, e possui crescimento ereto nas primeiras semanas de desenvolvimento da planta, prostando-se à medida que a planta cresce. As folhas são alternadas, compostas, contendo de seis a oito folíolos, podendo estes ser compostos ou não. Tanto o caule quanto as folhas são cobertos por tricomas glandulares e não glandulares (ALVARENGA, 2013).

A inflorescência do tomateiro apresenta cachos que podem conter nenhuma, uma, duas ou várias ramificações. As flores são pequenas, com pétalas amarelas, e ocorrem em quantidade variável em cada cacho. Apresentam cinco ou mais pétalas e sépalas e são hermafroditas. O primeiro cacho é emitido após cerca de 6 a 12 folhas definitivas (ALVARENGA, 2013).

O fruto constitui a parte da planta de interesse comercial, tanto para consumo in natura, quanto para produtos processados, como molhos prontos e extratos concentrados (MELO; VILELA, 2005). É uma baga suculenta e carnosa que pode possuir dois, três ou mais lóculos e podem atingir massa fresca de 5 a 500g quando maduros, dependendo do genótipo e condições de cultivo. São frutos climatérios, o que permite a colheita antes do final da maturação,

aumentando a vida útil pós-colheita. As sementes são reniformes, pequenas, recobertas por pelos minúsculos e com peso aproximado de 3,3 mg (ALVARENGA, 2013).

2.1.2 Tipos de plantas e frutos

Os frutos do tomateiro são classificados em quatro grupos de formatos, determinados pela relação entre o diâmetro polar (DP) e o diâmetro equatorial (DE) do fruto. Os frutos do grupo Caqui possuem relação DP/DE menor que 0,90; do grupo Saladete, entre 0,90 e 1,00; do grupo Santa Cruz, entre 1,00 e 1,15; do grupo Italiano, maior que 1,15. Há ainda um 5º grupo que engloba os frutos com diâmetro equatorial menor que 39 mm, independentemente da relação DE/DP: o grupo Cereja (CQH/CEAGESP, 2003).

As plantas podem possuir hábito de crescimento determinado ou indeterminado. Plantas de crescimento indeterminado possuem crescimento vegetativo indefinido e após a emissão do primeiro cacho, um novo cacho é emitido a cada três folhas. A estrutura repetitiva de três folhas e um cacho é chamada de fitômero. Plantas de crescimento indeterminado apresentam haste principal com dominância apical, e esta tem crescimento mais expressivo que o das hastes laterais (ALVARENGA, 2013). Cultivares com esse hábito de crescimento geralmente são utilizados em lavouras para produção de frutos destinados à mesa.

Plantas de crescimento determinado não apresentam ramos com dominância apical e o crescimento vegetativo destes é interrompido com o surgimento de uma inflorescência terminal, a qual limita o crescimento dos ramos (ALVARENGA, 2013). Este fenótipo é condicionado pelo genótipo duplo recessivo do gene self-pruning (*sp*) e possui herança monogênica com dominância completa. Cultivares de crescimento determinado geralmente são utilizados em plantios destinados ao processamento industrial, por possuírem maior uniformidade de maturação e porte reduzido, o que facilita a colheita mecanizada (LUZ et al., 2016).

Há ainda um terceiro tipo de hábito de crescimento, o semi-determinado, o qual é equivalente ao crescimento determinado, mas apresenta maior crescimento vegetativo, afetando o número de folhas, a altura da parte aérea e o comprimento e diâmetro de entrenó (VICENTE et al., 2015).

As plantas de tomateiro geralmente possuem crescimento prostrado, com folhas, caule e frutos em contato com o solo, o que leva à necessidade de tutoramento para evitar doenças e danos físicos aos frutos, decorrentes desse contato (FUMES, 2020). No entanto, existem genótipos com fenótipo anão com plantas de crescimento compacto, capazes de manter a maioria dos frutos suspensos, não sendo necessário a realização do tutoramento (KEMBLE et al., 1994).

2.1.3 Valor nutricional

Frutos de tomate e seus derivados são ricos em cálcio (ALVARENGA; COELHO, 2013), ácido fólico, vitamina C, potássio e carotenoides. Além disso, contém diversos outros componentes benéficos à saúde, como vitamina E, oligoelementos, flavonoides, fitoesteróis e vitaminas hidrossolúveis. O licopeno destaca-se por ser o carotenoide mais abundante nos frutos de tomate (BEECHER, 1998), sendo responsável por conferir a cor vermelha em diversos frutos, como tomate, goiaba, melancia e outros. É considerado um dos antioxidantes mais potentes, sendo um dos melhores supressores biológicos de radicais livres, e seu consumo está associado a uma redução do risco de desenvolvimento de cânceres e doenças cardiovasculares (PELIS et al., 2007).

Os frutos frescos possuem baixo teor de matéria seca e baixo poder calórico. 65% dos sólidos solúveis totais são constituídos por açúcares, que se acumulam na fase final da maturação. O sabor dos frutos deve-se à combinação de várias substâncias, principalmente açúcares e ácidos (ALVARENGA; COELHO, 2013).

2.2 Doenças do tomateiro e suas consequências

2.2.1 Danos ao meio ambiente e à saúde humana

Em um estudo realizado com trabalhadores da tomaticultura, no estado de Pernambuco, foi observado que 13,2% dos trabalhadores já haviam passado por intoxicação por agrotóxicos, e 29% já haviam sentido mal-estar enquanto faziam a aplicação dos produtos. 70,6% das mulheres relataram ter sofrido aborto e 39,4% perderam seus bebês antes de completarem um ano de vida (ARAÚJO; NOGUEIRA; AUGUSTO, 2000). Em um outro estudo, realizado com trabalhadores da tomaticultura em municípios do estado de Goiás, 18,8% dos trabalhadores relataram já ter sofrido quadro de intoxicação aguda por agrotóxicos e 41,8% deles tiveram que ser hospitalizados. Dentre os sintomas relatados incluíam-se dor de cabeça, formigamento, espirros, tontura, coceira, irritação nos olhos, enjoo, dor de estômago, vômito e desmaio. A aplicação regular dos defensivos mantém os trabalhadores a uma frequente exposição aos agrotóxicos, o que, aliado à ausência ou uso inadequado de EPI, à não observância do intervalo de reentrada na lavoura e à falta de assistência técnica e conhecimento em geral, coloca os trabalhadores em um constante risco de intoxicação (ALVES; FERNANDES; MARIN, 2008).

Além do risco de contaminação dos trabalhadores que se envolvem diretamente com a aplicação dos defensivos, existe ainda o risco de exposição dos consumidores aos resíduos de

agrotóxicos presentes nos frutos. O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) foi criado em 2001 pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), com o objetivo de analisar os riscos associados à exposição a resíduos de agrotóxicos presentes nos alimentos através da alimentação. As amostras avaliadas pelo programa são coletadas em mercados e sacolões, para representar frutos que seriam prontamente consumidos pela população. Os relatórios emitidos pelo PARA entre 2010 e 2020 revelaram que mais da metade das amostras avaliadas em todos os anos, para alimentos em geral, continham resíduos de agrotóxicos, em que mais de 20% das amostras apresentaram níveis acima do Limite Máximo de Resíduos (LMR), chegando a 36% em 2011. Com exceção do ano de 2003, foram encontradas amostras de tomate com resultados insatisfatórios em relação aos resíduos avaliados em todos os anos entre 2001 e 2018, chegando a atingir 44,72% de amostras insatisfatórias em 2007. As amostras insatisfatórias foram aquelas com níveis de resíduos de agrotóxicos acima dos limites máximos estabelecidos pela legislação ou que apresentaram resíduos de agrotóxicos não autorizados para a cultura do tomateiro (ANVISA, 2023; MIGUEL et al., 2022).

Vários autores estudaram os efeitos adversos dos agrotóxicos na saúde humana, apontando para a possibilidade de que possam causar diversas doenças e efeitos nocivos à saúde, como cânceres, distúrbios hepáticos e imunológicos, anomalias congênitas, doenças mentais, cardíacas e respiratórias, problemas auditivos, dermatites, autismo, depressão, Alzheimer, Parkinson, asma e distúrbios do sistema reprodutivo, podendo levar à infertilidade e mesmo ao aborto. Em estudos citogenéticos foram observados relação entre a exposição a pesticidas e a mutação genética e aberrações cromossômicas. Um outro estudo, realizado com lactantes, detectou presença de pesticidas organoclorados em todas as amostras de leite materno analisadas, revelando que mesmo os bebês estão sujeitos à exposição aos agrotóxicos (BASSO; SIQUEIRA; RICHARDS, 2021; SIQUEIRA; KRUSE, 2008).

Riscos associados ao meio ambiente também estão fortemente associados ao uso de agrotóxicos e uma série de autores vêm investigando os efeitos destes na contaminação dos solos, atmosfera, águas subterrâneas e cursos d'água, cadeias tróficas e na mortalidade da fauna. As poluições ocorrem em consequência às pulverizações, de forma que os pesticidas podem se espalhar pelo ar, devido à deriva, escoar para os cursos d'água e infiltrar no solo, podendo atingir o lençol freático, neste sentido há estudos que já descreveram a presença de resíduos de agrotóxicos em todos estes ambientes, inclusive na água de chuva. Ao permanecerem nestes ambientes, os produtos tendem a se acumular nos animais, sendo transferidos entre os níveis das cadeias alimentares (BASSO; SIQUEIRA; RICHARDS, 2021; DO CARMO et al., 2013;

PEREIRA et al., 2019; REBELO; CALDAS, 2014; SILVA; SCHIMDT; SANTOS, 2021; VÁZQUEZ AMÁBILE et al., 2014).

A falta de assistência técnica faz com que os agricultores não tenham informações suficientes para estabelecer as doses e intervalos de aplicação corretamente de acordo com a necessidade de cada lavoura. Na maioria das vezes as recomendações de uso são feitas pelos próprios vendedores, sem a supervisão de engenheiros agrônomos, podendo resultar em uso inadequado dos produtos. A baixa escolaridade associada à falta de conhecimento faz com que muitos agricultores não saibam interpretar as informações contidas nos rótulos ou, em sua maioria, nem mesmo chegam a lê-los. Dessa forma, os agricultores acabam seguindo tabelas de aplicação preestabelecidas, podendo resultar em um uso indiscriminado de agrotóxicos, agravando os problemas discutidos anteriormente (RANGEL; ROSA; SARCINELLI, 2011).

2.2.2 Custos de produção, mão-de-obra e lucro

O tomate é uma cultura que necessita de diversos insumos e materiais para obter-se produção satisfatória, como fertilizantes, agrotóxicos, sementes, sistema de irrigação, etc. Além disso, é uma atividade que exige mão-de-obra intensiva que se distribui pelas diversas atividades que precisam ser realizadas durante a condução da lavoura, como tutoramento, desbrota, aplicações de defensivos, fertilização, etc. O custo de produção do tomate, levando-se em consideração os preços dos insumos e mão-de-obra, é bastante elevado, sendo a terceira hortaliça mais cara para se produzir no Distrito Federal de acordo com a EMATER-DF (2023), ficando atrás apenas do morango e do alho.

Em um levantamento realizado pela EMATER-DF em novembro de 2023 para estimar os custos de produção de um hectare de tomateiro estaqueado em campo, no município de Brasília-DF, foi estimado o valor total de R\$ 135.355,06, incluindo-se os valores pagos pelos insumos e serviços contratados. Considerou-se uma densidade de 16.667 plantas/ha, sob o espaçamento de 1 x 0,6 m, e não foram contabilizados os valores pagos pelas estacas, arames e materiais para irrigação, uma vez que estes foram classificados como investimentos, pois podem ser reutilizados em plantios posteriores. Foram contabilizados os preços de dez agrotóxicos, totalizando R\$ 3.211,95 a serem gastos na compra dos produtos, sendo o Mancozebe o mais caro. A mão-de-obra para a aplicação dos produtos foi estimada em R\$2.700,00, sendo a terceira atividade com mão-de-obra mais cara dentre as 15 consideradas. O total gasto devido à utilização de agrotóxicos foi de R\$5.911,95 por hectare, o que equivale a 4,37% do custo de produção estimado (EMATER-DF, 2023). Contrariando esse levantamento, Reis, Lourenço Jr.

e Lopes (2021) afirmam que os custos devido ao uso de fungicidas na tomaticultura constituem cerca de 30% do custo de produção.

A presença de doenças no campo demanda, ainda, mão-de-obra para a remoção e descarte de plantas mortas, ou severamente debilitadas, e de frutos infectados que se encontrem fora dos padrões comerciais (CQH/CEAGESP, 2003). Além disso, é necessário que se faça um constante monitoramento na lavoura para verificar a presença destas plantas e frutos, o que também requer mão-de-obra. Em resumo, a incidência de doenças na lavoura gera custos relativos ao uso de agrotóxicos, os quais elevam o custo de produção total, e diminui a produtividade, reduzindo a receita bruta. Dessa forma, o lucro do produtor tem um impacto negativo em consequência da presença de doenças no campo (PANNO et al., 2021).

2.2.3 Algumas doenças causadas por fungos e oomicetos

Fungos geralmente produzem esporos e fragmentos de hifas que são naturalmente dispersos pelo vento e pela água, tornando fácil sua disseminação. Além disso, algumas espécies produzem estruturas de resistência, como clamidósporos, escleródios e oósporos, que facilitam a sobrevivência dos patógenos na ausência de plantas hospedeiras, permitindo com que sobrevivam nos intervalos entre plantios e voltem a infectar as lavouras no próximo plantio (REIS; LOURENÇO JR; LOPES, 2021). Dentre as principais doenças fúngicas que acometem a cultura do tomateiro podem se destacar a pinta-preta (*Alternaria solani*), murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*), mancha-de-estenfilio (*Stemphylium* spp.), murcha-de-veriticílio (*Verticillium*) e septoriose (*Septoria lycopersici*). A requeima é uma outra doença de grande importância na cultura, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans*, anteriormente classificado como um fungo (PONTELO, 2020).

Fusarium oxysporum é um complexo de espécies que contém mais de 150 *formae speciales* de patogenicidade específica a determinados hospedeiros, além de algumas não patogênicas, podendo infectar inclusive animais e humanos, mas poucas delas são capazes de produzir micotoxinas em alimentos frescos ou processados. Duas delas infectam majoritariamente o tomateiro, a *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* e a *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, causando doenças vasculares (PANNO et al., 2021).

O *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, abreviado como *Fol*, é responsável por causar a murcha-de-fusário ou fusariose, uma das doenças de solo mais comuns em tomateiro, a qual pode infectar mudas e plantas adultas tanto em campo como em estufas. Existem três raças conhecidas de *Fol*, raças 1, 2 e 3, as quais possuem patogenicidade específica a cultivares que não contenham os alelos de resistência específicos a cada raça. As raças mais comuns no Brasil

e mundialmente são a 1 e 2. A raça 3 ocorre principalmente na Turquia, Egito e Argélia, mas já está presente em quase todas as regiões produtoras de tomate no Brasil. A perda de produtividade causada pela doença é de cerca de 45 a 55%, podendo chegar a 70% em condições favoráveis (VALE; LOPES; ALVARENGA, 2013; CABRAL et al., 2020; REIS; LOURENÇO JR; LOPES, 2021; PANNO et al., 2021).

O *Fol* é um patógeno favorecido por altas temperaturas (21 a 33°C) e solos ácidos e arenosos. A maneira mais eficiente de dispersão a longas distâncias é através de sementes infectadas, além disso, ele produz clamidósporos que facilitam sua sobrevivência e dispersão. A doença ocorre em reboleiras e se caracteriza inicialmente pelo amarelecimento das folhas mais velhas, progredindo para as mais novas e resultando na murcha generalizada e irreversível da planta. O escurecimento dos tecidos vasculares na base do caule é um sintoma característico, mas não exclusivo, da doença, podendo se confundir com murcha-bacteriana e murcha de *Verticillium*. A infecção dos frutos resulta no apodrecimento e aborto destes. A maneira mais eficiente de controle é a utilização de cultivares resistentes, mas outras medidas também são recomendadas, como uso de mudas, sementes e equipamentos não infectados; correção do solo; fumigação do solo com agrotóxicos; uso de solo com boa drenagem e rotação de culturas (VALE; LOPES; ALVARENGA, 2013; LIM et al., 2006; REIS; LOURENÇO JR; LOPES, 2021; PANNO et al., 2021).

Considerada uma praga quarentenária no Brasil até o ano de 2020, o *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (*FORL*) teve sua presença reportada no país pela primeira vez em 2020 por Cabral et al. (2020), não estando mais presente na lista de pragas quarentenárias ausentes do MAPA de 2022 (MAPA, 2022). É o agente causador da doença “Fusarium Crown and Root Rot” (FCRR), uma das doenças de solo mais prejudiciais que acometem o tomateiro, levando a perdas de 20 a 60% da produção, podendo chegar a 90% em condições ideais. Atualmente está presente na maioria das regiões produtoras de tomate ao redor do mundo (CABRAL et al., 2020; OZBAY; NEWMAN, 2004; PANNO et al., 2021; ZHANG et al., 2021).

O *FORL* é um patógeno que prefere regiões de clima ameno (15 a 20°C) e altas altitudes, sendo mais problemático em condição de cultivo protegido. Possui morfologia, propagação, dispersão e métodos de controle bastante semelhantes ao *Fol*, diferenciando-se principalmente por características morfométricas e pelos sintomas que causam nas plantas, além das temperaturas ideais de desenvolvimento dos patógenos. A doença FCRR é caracterizada pela descoloração vascular e cortical da base do caule, proliferação anormal de raízes adventícias, lesões necróticas amarronzadas nas raízes, podendo levar à completa murcha e morte da planta. Em geral, as condições climáticas brasileiras não favorecem o desenvolvimento do fungo, com

exceção da região Sul, onde teria o potencial para causar grandes prejuízos devido ao clima frio favorável, no entanto, felizmente o *FORL* ainda não foi detectado nessa região do país (CABRAL et al., 2020; PANNO et al., 2021; ZHANG et al., 2021).

A murcha-de-verticílio é uma doença de solo causada pelos fungos *Verticillium dahliae* e *V. albo-atrum*. São fungos polípagos, chegando a 660 espécies infectadas por *V. dahliae*, incluindo tomate, algodão, batata, girassol e beringela. É uma doença vascular de ocorrência generalizada no Brasil, ocorrendo principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Os patógenos são favorecidos por alta umidade do solo e por temperaturas amenas de cerca de 20°C. Os sintomas característicos são o surgimento de clorose e necrose em forma de “V” nas folhas, acompanhadas de murcha da planta e escurecimento vascular, podendo ser confundida com fusariose e murcha bacteriana. As plantas infectadas podem sobreviver, apresentando crescimento mais lento e frutos menores, o que reduz a qualidade e produtividade dos frutos, podendo chegar a perdas de 20 a 50% da produção. O fungo produz microescleródios, estruturas de resistência que facilitam sua sobrevivência no solo, dificultando o controle da doença. Os métodos de controle para esta doença incluem cultivares resistentes; fumigação do solo com fungicidas; uso de sementes, mudas e maquinário não infectados; controle de plantas daninhas hospedeiras; eliminação de restos culturais; e rotação de culturas. Além disso, Jabnoun-Khiareddin et al. (2009) demonstraram que o controle biológico também pode ser eficiente (ACCIARRI et al., 2007; VALE; LOPES; ALVARENGA, 2013; JABNOUN-KHIAREDDIN et al., 2009; REIS; LOURENÇO JR; LOPES, 2021; LOPES; COSTA, 2018; PANNO et al., 2021).

2.2.4 Algumas doenças causadas por nematoides

Nematoides são vermes microscópicos que possuem um estilete na cabeça com função de sugar alimentos e injetar substâncias tóxicas nos hospedeiros. Além disso, os ferimentos causados pelos nematoides fitoparasitas servem como portas de entrada para outros patógenos microscópicos. A maioria das espécies fitoparasitas vivem no solo, causam sintomas que ocorrem em reboleiras, e possuem faixa ótima de desenvolvimento entre 20 e 32°C. Os principais gêneros que atacam o tomateiro são *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, apesar de já terem sido relatadas mais de 40 espécies em tomateiro (VALE; LOPES; ALVARENGA, 2013; PINHEIRO; LOPES, 2021).

Os nematoides de maior importância na tomaticultura brasileira são os nematoides das galhas, que englobam várias espécies do gênero *Meloidogyne*: *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. enterolobii*, *M. javanica*, *M. hapla*, etc. Possuem uma ampla gama de espécies hospedeiras,

facilitando sua sobrevivência no solo entre um plantio e outro, e podem levar a perdas de produção de 14 a 44%. Apresentam maior problema em condições de cultivo protegido, devido à dificuldade de se adotar práticas culturais para o controle dos patógenos. Plantas infectadas apresentam crescimento lento, tornando-se raquíticas e amareladas quando adultas, podendo levar à morte prematura. Esses sintomas são causados pela injeção de hormônios nas raízes, levando a uma multiplicação exagerada de células (“galhas”), a qual compromete a absorção de água e nutrientes. O diagnóstico é confirmado após o arranquio das plantas e identificação das “galhas” nas raízes (VALE; LOPES; ALVARENGA, 2013; CHARCHAR; ARAGÃO, 2005; PINHEIRO; LOPES, 2021; LOPES; COSTA, 2018).

2.2.5 Algumas doenças viróticas

Os vírus são partículas submicroscópicas que só podem ser observadas em microscópio eletrônico. São patógenos obrigatórios, ficando inativos na ausência de uma célula hospedeira. Os vírus que infectam o tomateiro constituem-se de uma capa proteica e uma ou mais moléculas de DNA ou RNA. A maioria dos vírus fitoparasitas é transmitida por insetos vetores, o que facilita muito sua disseminação, de forma que os principais surtos ocorrem nas épocas de proliferação dos vetores. Devido à inexistência de viricidas para plantas, o controle das fitoviroses é feito principalmente de maneira preventiva, através de cultivares resistentes, ou buscando-se evitar que os vírus cheguem às plantas, sendo mais eficiente quando as práticas de manejo são adotadas por todos os produtores de uma mesma região, estado ou país. Dentre tais práticas, destacam-se a rotação de culturas, cultivo protegido e o controle dos insetos vetores (NAGATA, 2013; INOUE-NAGATA; LIMA, 2021; LOPES; COSTA, 2018; PANNO et al., 2021).

A doença conhecida como vira-cabeça do tomateiro é causada por quatro vírus identificados até o momento no Brasil: *Tomato spotted wilt virus* (TSWV); *Tomato chlorotic spot virus* (TCSV); *Groundnut ringspot virus* (GRSV); e *Chrysanthemum stem necrosis virus* (CSNV). Esses vírus infectam mais de mil espécies de plantas, principalmente das famílias Solanaceae e Asteraceae. São transmitidos por várias espécies de tripses, sendo os mais comuns no tomateiro *Frankliniella occidentalis* e *F. schultzei*, os quais se proliferam em meses quentes e secos, aumentando a incidência da doença, a qual pode levar a perdas de 40 a 95% da produção. O sintoma característico da doença é o curvamento do ápice da planta para baixo, o qual originou o nome da doença. Outros sintomas comuns são paralisação do crescimento, arroxamento (ou bronzeamento) das folhas, deformação foliar, mosaico, anéis e manchas cloróticas e/ou necróticas nos frutos, pontos necróticos em folhas jovens, progredindo para

morte das folhas e do ápice. O diagnóstico em campo é simples de ser realizado, pela particularidade dos sintomas, mas também são utilizados testes sorológicos (imunostripes e ELISA) e PCR (NAGATA, 2013; INOUE-NAGATA; LIMA, 2021; LOPES; COSTA, 2018; PANNO et al., 2021).

As tobamoviroses são doenças que causam sintomas de mosaico nos tomateiros e são causadas pelos vírus *Tobacco mosaic virus* (TMV) e *Tomato mosaic virus* (ToMV), sendo este último o mais comum no Brasil. Estes vírus não possuem vetor natural e são transmitidos principalmente por meio de sementes e equipamentos infectados e pelo contato entre as plantas durante a realização dos tratamentos culturais, podendo levar a perdas de produção entre 25 e 70%. Sua sobrevivência no campo é facilitada pois possuem uma ampla gama de espécies hospedeiras e podem sobreviver meses em restos culturais. Os principais sintomas apresentados pelas plantas são mosaico (ou mosqueado) em diferentes tons de verde e amarelo; deformação foliar, podendo ficar alongadas e retorcidas; frutos mosqueados, bronzeados, com amadurecimento irregular, mosaico amarelo e manchas/anéis necróticos; e crescimento retardado das plantas. O diagnóstico é realizado através dos sintomas visuais e testes sorológicos (NAGATA, 2013; INOUE-NAGATA; LIMA, 2021; PANNO et al., 2021).

A virose mais séria na tomaticultura atualmente é o mosaico-dourado do tomateiro, causado por várias espécies do gênero *Begomovirus*, sendo as mais comuns no Brasil o *Tomato severe rugose virus* (ToSRV) e o *Tomato mottle leaf curl virus* (ToMoLCV), mas já chegando a mais de 20 espécies no país. A espécie de maior importância mundialmente é o *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), sendo considerado uma praga quarentenária ausente no Brasil (MAPA, 2022). Os begomovirus são transmitidos pela mosca-branca (*Bemisia tabaci*), um inseto polífago e de difícil controle, e possuem diversas espécies hospedeiras, o que facilita a dispersão e sobrevivência dos vírus. Os sintomas mais comuns da doença são: clareamento das nervuras das folhas; clorose internerval; rugosidade e deformação foliar; nanismo da planta, folhas e frutos; mosaico amarelo ou dourado no limbo foliar. A produção das plantas e qualidade dos frutos é afetada, podendo chegar à perda total da colheita devido ao padrão não comercial dos frutos infectados. A diagnose visual não é fácil, podendo ser confundida com outros vírus, como potyvirus e crinivirus, sendo o PCR a maneira mais confiável para diagnóstico da doença (NAGATA, 2013; LEVY; LAPIDOT, 2008; INOUE-NAGATA; LIMA, 2021; LOPES; COSTA, 2018; PANNO et al., 2021).

2.3 Melhoramento genético

O melhoramento genético tem sido um grande aliado da humanidade desde os primórdios da agricultura, quando era realizado de forma não consciente, resultando em inúmeras variedades de plantas mais adaptadas às necessidades humanas da época. Atualmente, o melhoramento vem trazendo inúmeros benefícios para a agricultura mundial, com o desenvolvimento de cultivares mais produtivos e adaptados às novas tecnologias, viabilizando o grande crescimento da população humana deste século e do século passado. O melhoramento permite que a agricultura forneça seus produtos (alimentos, fibras, energia, etc.) de maneira mais eficiente, com economia de recursos e menor degradação ambiental, sendo, portanto, uma ferramenta de extrema importância para a humanidade (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHENETO, 2021).

As potencialidades de contribuição do melhoramento genético para a agricultura são inúmeras. O desenvolvimento de cultivares resistentes a pragas, agrotóxicos e estresses abióticos tem desempenhado um papel fundamental na agricultura atual, permitindo o plantio de espécies em locais antes inviáveis e facilitando o manejo fitossanitário. A produtividade crescente dos cultivares permite uma redução da área de plantio ou o aumento da oferta de alimentos numa mesma área. Além disso, o melhoramento permite um acréscimo do valor nutricional dos alimentos. O prolongamento da conservação pós-colheita é uma outra grande vantagem advinda do melhoramento, o que reduz o desperdício de alimentos e os decorrentes prejuízos financeiros. Uma outra grande contribuição dessa ferramenta é o desenvolvimento de cultivares adaptados a novas condições ambientais, permitindo o plantio de espécies originalmente de clima frio em regiões tropicais, por exemplo, e vice-versa. O setor da floricultura também tem o melhoramento como um grande aliado, tendo em vista que é um setor altamente beneficiado pelas novidades proporcionadas pela variabilidade genética, como cores, formatos e tamanhos diferentes de flores, por exemplo (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHENETO, 2021).

2.3.1 Resistência a doenças

A resistência genética aos fitopatógenos foi sem dúvida uma das maiores contribuições do melhoramento genético para a agricultura mundial. Essa estratégia traz muitas vantagens em relação aos demais métodos de controle de doenças, tanto para os agricultores como para os consumidores e meio ambiente, sendo o método mais eficaz e sustentável. Dentre tais vantagens, pode-se destacar: redução do uso de agrotóxicos e, conseqüentemente, dos custos

de produção e riscos à saúde e à natureza; controle mais efetivo das doenças, reduzindo as perdas de colheita; e maior facilidade de utilização que os demais métodos de controle. Muitas espécies têm sido beneficiadas com a introdução de genes de resistência nos cultivares, como por exemplo o desenvolvimento de cultivares resistentes à ferrugem-do-colmo na cevada, e à virose da mancha anelar no mamão papaia (BOREM; MIRANDA; 2013; GÓMEZ et al., 2009).

Um aspecto de grande importância da resistência genética é que ela torna possível o controle de doenças para as quais não existe a possibilidade de controle mediante o uso de substâncias químicas, como, por exemplo, as doenças causadas por vírus. Ainda neste contexto, a resistência genética possibilita que se previna à chegada de doenças quarentenárias ausentes no país ou em uma certa região. Dessa forma, o desenvolvimento de cultivares resistentes a determinada doença quarentenária apresenta-se como uma forma inteligente de se antever aos potenciais prejuízos inerentes à doença, caso esta venha a ser introduzida no país ou região. Essa estratégia já vem sendo utilizada no setor da tomaticultura brasileira e é exemplificada pelo desenvolvimento de cultivares de tomateiro resistentes ao TYLCV, um vírus ainda ausente no Brasil, e ao *FORL*, um fungo introduzido somente recentemente no país (BOREM; MIRANDA, 2013; CABRAL et al., 2020; MAPA, 2022).

A resistência genética tem se tornado cada vez mais importante no cenário da tomaticultura, de forma que os novos cultivares lançados no mercado vêm seguindo uma tendência de acúmulo de uma quantidade cada vez maior de alelos que conferem resistência às diversas doenças que acometem a cultura. Isso reflete a importância dada pelas empresas e instituições de pesquisa a esse método de controle de doenças, devido às suas vantagens e à preferência dos agricultores por cultivares resistentes. Vários genes de resistência já foram identificados no tomateiro, os quais conferem resistência a diversas espécies de fungos, bactérias, vírus e nematoides. Estes genes são em sua maioria polimórficos e fornecem resistência total ou parcial aos patógenos, dependendo da combinação alélica presente nos genótipos. Muitos dos genes de resistência em tomateiro foram identificados em espécies de tomates silvestres, como *Solanum pimpinellifolium*, *S. peruvianum*, *S. pennellii*, *S. habrochaites* e *S. chilense*, e então introgridos em genótipos de *S. lycopersicum* (PESSOA et al., 2022).

Já foram identificados dez genes capazes de conferir resistência aos nematoides das galhas no tomateiro (*Mi-1*, *Mi-2*, *Mi-3*, *Mi-4*, *Mi-5*, *Mi-6*, *Mi-7*, *Mi-8*, *Mi-9* e *Mi-HT*), no entanto três deles (*Mi-1*, *Mi-7* e *Mi-8*) têm essa capacidade afetada sob altas temperaturas. O único gene disponível em cultivares comerciais é o *Mi-1*, o qual confere resistência às espécies *M. incognita*, *M. arenaria*, e *M. javanica*, reduzindo até 85% da reprodução destes patógenos, mas apresenta redução de sua efetividade em temperaturas acima de 28°C. Foram identificados dois

alelos para este gene, *Mi-1.1* e *Mi-1.2*, e apenas o *Mi-1.2* causa resistência aos nematoides, sendo dominante sobre o alelo *Mi-1.1*. O marcador molecular *Mi-23* está ligado ao alelo *Mi-1.2* e vem sendo utilizado para detectar a presença deste em genótipos de tomateiro (PADILLA-HURTADO et al., 2022; PESSOA et al., 2022).

Vários genes responsáveis por causar resistência a diversos gêneros de fungos já foram identificados, dentre estes *Fusarium*, *Alternaria*, *Verticillium*, *Oidium*, *Leveillula* e *Cladosporium*. Oito genes foram identificados até o momento capazes de conferir resistência a diferentes raças de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (*Fol*), causador da murcha-de-fusário, são eles: *I*, *I-1*, *I-2*, *I-3*, *I-4*, *I-5*, *I-6* e *I-7*. A literatura mostra que os genes *I* e *I-1* conferem resistência à raça 1, os genes *I-2*, *I-4*, *I-5* e *I-6* à raça 2, e os genes *I-3* e *I-7* à raça 3, no entanto, segundo Gonzalez-Cendales et al. (2016), o gene *I-7* também confere resistência às raças 1 e 2, sendo, portanto, o mais efetivo. Os mais utilizados em cultivares comerciais atualmente são os genes *I-1*, *I-2*, *I-3* e *I-7* (GONZALEZ-CENDALES et al., 2016; HUSAINI; SAKINA; CAMBAY, 2018; LIM et al., 2006; PANTHEE; CHEN, 2010; PESSOA et al., 2022).

Ainda não foram identificadas diferentes raças para o *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (*FORL*), causador da doença “Fusarium crown and root rot”, e o gene dominante *Frl* confere resistência a todas as variantes do patógeno. A resistência a *Verticillium albo-atrum* e à raça 1 de *V. dahliae*, causadores da murcha-de-verticílio, é conferida pelo gene dominante *Ve*, amplamente utilizado em cultivares comerciais de tomateiro. O gene *V2* é capaz de conferir resistência a alguns isolados da raça 2 de *V. dahliae*, mas ainda é utilizado apenas em cultivares para porta-enxerto, como os cultivares Aïbou e Ganbarune-Karis, por exemplo (ACCIARI et al., 2007; CABRAL et al., 2020; DEVRAN et al., 2018; PESSOA et al., 2022; USAMI et al., 2017).

Oito genes de resistência ao *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), causador da vira-cabeça, já foram identificados, são eles: *Sw-1a*, *Sw-1b*, *sw-2*, *sw-3*, *sw-4*, *Sw-5*, *Sw-6*, e *Sw-7*. O gene *Sw-5* é o mais efetivo, mas não é completamente imune ao vírus, podendo ser suscetível a alguns isolados de TSWV ou sobre altas concentrações deste. *Sw-7* é o gene mais recentemente descoberto e possui um mecanismo de ação diferente do *Sw-5*, conferindo resistência a diversos isolados de TSWV aos quais o gene *Sw-5* é suscetível. Dessa forma, o gene *Sw-7* é utilizado por melhoristas para complementar a ação do *Sw-5*, sendo o ideal a presença de ambos os genes nos cultivares (INOUE-NAGATA; LIMA, 2021; PESSOA et al., 2022; QI et al., 2021).

A multiplicação dos vírus *Tomato mosaic virus* (ToMV) e *Tobacco mosaic virus* (TMV), causadores de mosaico, é inibida pelos genes *Tm-1*, *Tm-2*, *Tm-2a* (ou *Tm-2²*). No entanto, tem

se tornado crescente o surgimento de isolados dos vírus capazes de quebrar essa resistência, principalmente aos genes *Tm-1* e *Tm-2*, tornando o gene *Tm-2a* o mais eficiente, por abranger uma maior quantidade de variantes dos vírus (HAK; SPIEGELMAN, 2021; MATSUURA; ISHIKURA, 2014; PANTHEE et al., 2013; STRASSER; PFITZNER, 2007).

Até o presente momento, foram identificados seis genes capazes de conferir resistência ao *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV), causador do mosaico dourado, são eles: *Ty-1*, *Ty-2*, *Ty-3*, *Ty-4*, *Ty-5*, e *Ty-6*, no entanto, a resistência proporcionada não tem sido inteiramente eficiente. O *Ty-1* apresenta bons níveis de resistência e é o mais utilizado comercialmente. *Ty-2* e *Ty-5* têm sido usados complementarmente ao *Ty-1* por apresentarem mecanismos de ação diferentes deste, aumentando a abrangência da resistência dos cultivares a isolados não afetados pelo *Ty-1* (EL-SAPPAH et al., 2022).

2.3.2 Produtividade

O incessante crescimento populacional mundial gera uma demanda cada vez maior por alimentos, tornando necessário um aumento da produção agrícola mundial. A produção de alimentos pode ser aumentada através da ampliação da área de produção ou através do aumento da produtividade, sendo esta uma solução mais sustentável e eficiente. A produtividade das culturas é dependente das condições ambientais (nutrientes, água, luz, temperatura, sanidade, etc.) em que são cultivadas, dos genótipos utilizados, e da interação entre esses dois fatores. O melhoramento genético é capaz de criar novos genótipos (G), levando-se em consideração as condições ambientais (A) e a interação GxA, resultando em genótipos adaptados às diferentes condições ambientais, capazes de apresentar produtividades cada vez maiores, reduzindo a necessidade de ampliação da área cultivada (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; BOREM; MIRANDA, 2013).

Uma das maiores contribuições do melhoramento genético para a agricultura foi o desenvolvimento de cultivares anões de trigo por Norman Ernest Borlaug, responsáveis por elevar a produtividade de trigo mexicana em 10 vezes em apenas 20 anos, de 1945 a 1965. Atualmente os ganhos de produtividade anuais dos cultivares giram em torno de 1 a 2%, em culturas como soja, milho, arroz, trigo e algodão. A produtividade mundial do tomateiro foi elevada de 16,4 t/ha em 1961 para 37,8 t/ha em 2022, o equivalente a um aumento de 130,3%. No Brasil esse ganho foi mais expressivo, apresentando uma elevação da produtividade de 13,3 t/ha em 1961 para 69,9 t/ha em 2022, o que equivale a um aumento de 424,3%. Esses aumentos são uma consequência da revolução verde, com o aprimoramento das técnicas e insumos agrícolas em geral ao longo desses 61 anos, sendo o melhoramento genético um importante

aliado neste contexto, responsável pelo desenvolvimento de cultivares cada vez mais produtivos (BOREM; MIRANDA, 2013; FAO, 2022; ORTIZ et al., 2007; RAY et al., 2013).

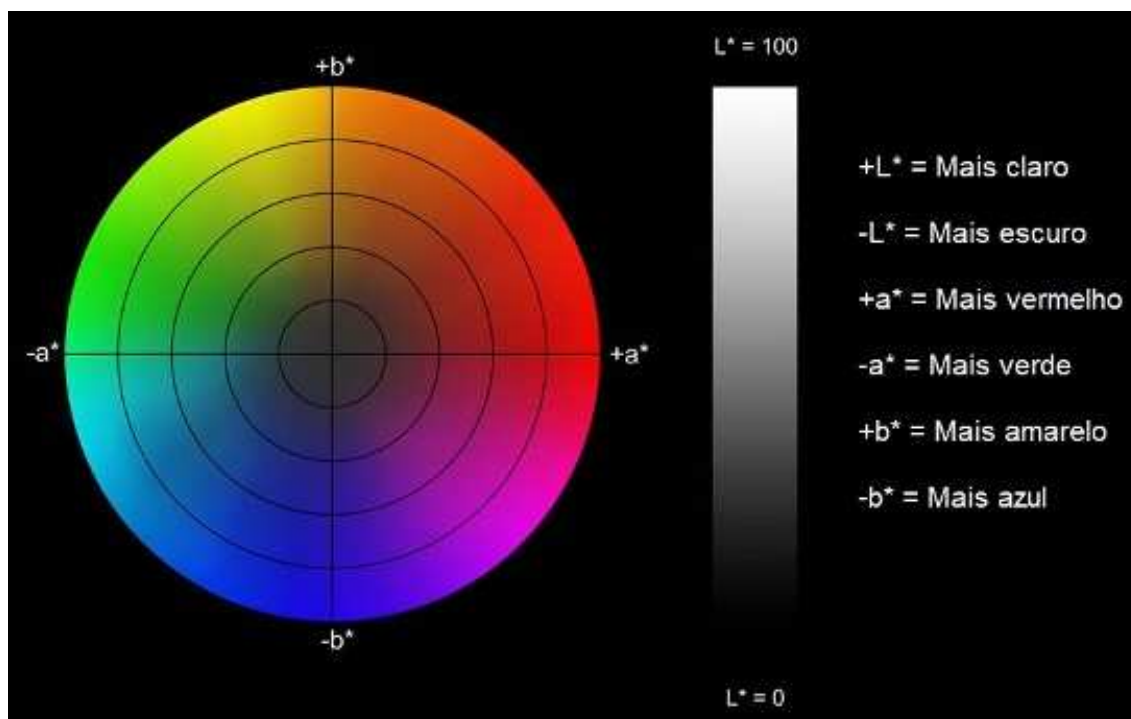
2.3.3 Qualidade e morfologia dos frutos

Algumas características que merecem atenção nos programas de melhoramento de tomateiro para mesa estão relacionadas à qualidade e morfologia dos frutos. Características visuais dos frutos estão intimamente relacionadas à preferência pelos consumidores, dessa forma, cultivares promissores devem apresentar frutos com coloração, tamanho e forma adequados às demandas atuais do mercado. Além disso, o sabor dos frutos também deve ser levado em consideração (ANDREUCETTI et al., 2005; SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015).

O pericarpo do tomate pode conter até cinco vezes mais licopeno que a polpa e cultivares vermelhos podem conter entre três e seis vezes mais licopeno que cultivares amarelos (SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015). Além disso, a intensidade do vermelho do pericarpo chama a atenção do consumidor, dessa forma a avaliação da coloração da superfície externa dos frutos tem sido alvo de estudo de muitos pesquisadores. Uma maneira simples e eficaz de se avaliar a coloração dos frutos é através da utilização de um colorímetro digital, o qual fornece os valores de “L”, “a” e “b”, dentro do espaço cromático CIELAB. “L” equivale à luminosidade, “a” equivale ao gradiente verde/vermelho e “b” equivale ao gradiente amarelo/azul, conforme ilustrado na Figura 1. Carvalho et al. (2005) verificaram altos coeficientes de determinação das regressões lineares simples que correlacionavam o valor de “a” ($R^2 = 79\%$) e da relação $(a/b)^2$ ($R^2 = 89\%$) da superfície externa dos frutos e o teor de licopeno presente nos frutos triturados. Portanto, o valor de “a” e da relação $(a/b)^2$ são boas maneiras de medir-se indiretamente o teor de licopeno nos frutos (CARVALHO et al., 2005).

O teor de sólidos solúveis totais (SST), medido em °Brix, indica a proporção de sólidos dissolvidos em uma solução e é obtido através de um refratômetro. Em relação ao tomate, os sólidos solúveis são uma mistura de aproximadamente 65% de açúcares (hexoses e sacarose), 13% de ácidos orgânicos (principalmente ácido málico e ácido cítrico), e outros componentes de menores proporções (fenóis, aminoácidos, pectinas, minerais e ácido ascórbico). Tem sido observado que cultivares com alto °Brix são menos produtivos, o teor de SST nos frutos maduros é um fator determinante do valor comercial de um cultivar, pois reflete o grau de “doçura” dos frutos, devido à alta proporção de açúcares dentre os sólidos solúveis (MATTEDI et al., 2011; SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015).

Figura 1 - Diagrama do espaço de cor CIELAB



Fonte: <https://www.ctborracha.com/colorimetria/>

A acidez titulável (AT) é uma característica altamente influenciada pelo genótipo e possui grande importância, devendo ser levada em consideração em programas de melhoramento de tomateiro, pois indica a quantidade de ácidos orgânicos presentes nos frutos, o que influencia diretamente o sabor, a adstringência e o pH. A relação SST/AT é determinante do sabor dos frutos, de forma que um alto teor de ácidos e um baixo teor de açúcares proporciona frutos de sabor ácido e o contrário proporciona frutos mais adocicados. Caso ambos os teores sejam baixos, os frutos tornam-se insípidos. Mencarelli & Saltveit Jr. (1988) sugerem que frutos de alta qualidade devem possuir um teor de SST superior a 3%, de AT acima de 0,32% e a relação SST/AT deve ser superior a 10 (GUIMARÃES et al., 2007; MATTEDI et al., 2011; MENCARELLI; SALTVEIT, 1988; SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015).

A firmeza dos frutos está relacionada a algumas características sensoriais como textura, suculência, crocância e sensação de derretimento na boca, constituindo-se, dessa forma, como uma importante medida de qualidade por parte dos consumidores, podendo servir como um fator chave para a decisão final destes sobre quais tomates comprar. Além disso, frutos mais firmes são mais resistentes ao transporte e apresentam uma melhor vida pós-colheita de maneira geral (SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015).

Duas características de maior importância para cultivares de tomateiro para processamento industrial são o pH e a viscosidade da polpa. O pH influencia as condições térmicas do processamento e, quando baixo o suficiente, contribui para a diminuição da proliferação de microrganismos no produto final, sendo desejáveis valores abaixo de 4,5. A viscosidade da polpa está relacionada com a degradação de substâncias pécicas por enzimas endógenas nos frutos e sua importância deve-se ao fato de que a massa de frutos necessária para a produção de uma determinada quantidade de produto processado é inversamente proporcional à viscosidade da polpa dos frutos (SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015; THAKUR; SINGH; NELSON, 1996).

2.3.4 Morfologia das plantas

O tomateiro possui uma grande variabilidade genética relativa à morfologia das plantas, apresentando genótipos com variados formatos e tamanhos de folhas, comprimento de entrenós, ângulos de inserção foliar, etc. Utilizando modelos funcionais-estruturais de plantas (functional-structural plant models – FSPM), Sarlikioti et al. (2011) demonstraram que a alteração de características morfológicas influencia na interceptação luminosa total pelas folhas e, conseqüentemente, na fotossíntese e produção por planta. Os autores demonstraram que a absorção da luz é diretamente proporcional à razão comprimento/largura da folha e ao comprimento do entrenó, além de outras características. No entanto, as simulações não levaram em consideração as condições de cultivo, como espaçamento entre plantas e poda apical.

Por outro lado, Kemble et al. (1994) demonstraram que genótipos de tomateiro de porte compacto podem apresentar produtividades superiores a genótipos de porte normal quando submetidos a menores espaçamentos de plantio. Lee et al. (2018) sugerem que cultivares com entrenós curtos possivelmente eliminariam a necessidade de tutoramento das plantas, viabilizando a colheita mecanizada dos frutos destinados à mesa e reduzindo os custos de produção. Complementarmente, o aumento do diâmetro dos entrenós aumenta a estabilidade e resistência da planta a se manter ereta, além disso, alguns autores encontraram correlação positiva entre produtividade e diâmetro do entrenó (ALSADON, 2015). Portanto, genótipos com entrenós curtos e largos podem ser interessantes para o futuro da tomaticultura.

2.3.5 Desenvolvimento de cultivares de tomateiro

O surgimento das técnicas genômicas e o desenvolvimento de mapas e marcadores moleculares foram uma revolução para os programas de melhoramento genético. Diversos marcadores moleculares já foram desenvolvidos para várias espécies agrícolas, incluindo

muitas hortaliças, abrindo espaço para as técnicas de seleção genômica. Estas técnicas foram aplicadas primeiramente e mais frequentemente em culturas de cereais, como milho, arroz e trigo, mas vêm gradualmente ganhando espaço entre as hortaliças, dentre elas o tomate. O primeiro mapa de ligação gênica do tomateiro foi publicado em 1968. Em 1986 foi divulgado o primeiro mapa de ligação molecular e em 1992 o primeiro mapa genético de alta densidade. Em 2012, a sequência genômica do tomateiro foi decifrada, resultando no desenvolvimento de um mapa de alta densidade, contendo 7.720 SNPs, e mais recentemente de um mapa de ultra alta densidade, em 2019, contendo 141.083 SNPs (FOOLAD; PANTHEE, 2012; SIMKO et al., 2021; TIWARI et al., 2022).

O melhoramento do tomateiro se iniciou na década de 1930, com uma grande diversidade fenotípica entre os genótipos, incluindo tamanho, forma, cor e sabor de frutos. Em meados da década de 1950, os programas começaram a se tornar mais especializados e vêm se modernizando até os dias atuais. O tomateiro foi uma das primeiras culturas na qual se utilizaram mapas e marcadores moleculares para fins de melhoramento. No entanto, a maioria dos programas eram dependentes exclusivamente da seleção fenotípica até o início da década de 1980, enfrentando limitações como morosidade, mão-de-obra intensiva, disponibilidade de área, condições ambientais adversas, interação genótipo x ambiente, características de baixa herdabilidade, pleiotropia e ligação gênica, além de ser um processo caro (FOOLAD; PANTHEE, 2012; SIMKO et al., 2021; TIWARI et al., 2022).

A seleção assistida por marcadores (SAM) é um método de seleção de genótipos baseado na associação de determinados marcadores a características de interesse. Essa técnica possui o potencial de superar as dificuldades enfrentadas pelos métodos de seleção fenotípica citadas anteriormente. A SAM facilita diversos processos como a identificação de genótipos contendo alelos de interesse para a piramidação de genes; detecção de genótipos contendo alelos indesejáveis, permitindo a eliminação precoce destes; identificação dos cruzamentos mais favoráveis a serem realizados; e quebra da ligação gênica entre alelos favoráveis e desfavoráveis. Dessa forma, a utilização de SAM pode aumentar a eficiência de seleção e reduzir os custos. Após o início da utilização de SAM no melhoramento do tomateiro, surgiram vários benefícios, como resistência a diversas doenças, melhoria da forma, cor, teor de licopeno e vida pós-colheita dos frutos (FOOLAD; PANTHEE, 2012; SIMKO et al., 2021; TIWARI et al., 2022).

Com o desenvolvimento de marcadores mais eficientes, como os SNPs e os baseados em PCR, tem-se aumentado o interesse da utilização da SAM nos programas de melhoramento de tomateiro. A SAM tem sido frequentemente utilizada nos programas para a seleção de genótipos

resistentes a doenças e a piramidação dos genes de resistência, por se tratarem, em sua maioria, de características mono ou oligogênicas. No entanto, a utilização de SAM é limitada para características poligênicas, como resistência a estresses abióticos, produção e diversas características referentes à qualidade dos frutos. Muitos estudos vêm tentando identificar genes ou quantitative trait locus - QTLs (locus de característica quantitativa) que conferem resistência a estresses abióticos, como salinidade, frio, calor e déficit hídrico. Entretanto, a maioria dos QTLs relatados abrangem extensas regiões genômicas, dificultando o uso destes em programas de melhoramento. Portanto, a SAM deve ser utilizada conjuntamente às técnicas tradicionais de seleção fenotípica, de forma a se obter cultivares com grande quantidade de genes de interesse para características mono ou oligogênicas e que tenham bom desempenho referente às características poligênicas (FOOLAD; PANTHEE, 2012; SIMKO et al., 2021; TIWARI et al., 2022).

O tomateiro é uma planta autógama, o que torna a produção de híbridos muito laboriosa, uma vez que cada flor tem que ser emasculada e polinizada manualmente. No entanto, diferentemente de muitas autógamas, o tomateiro produz um alto número de sementes por fruto, o que viabiliza a produção comercial de sementes de cultivares híbridos ao invés de linhagens, possibilitando que se aproveite os benefícios proporcionados pela heterose. Os frutos de tomateiro provenientes de polinização artificial podem produzir até cerca de 200 sementes (NICK; SILVA, 2016) e o rendimento de sementes híbridas fica em torno de 85 a 180 kg de sementes por hectare, variando de acordo com o tipo de planta e de fruto. Além disso, apesar de laboriosa, a polinização manual no tomateiro é relativamente fácil de ser executada (CHEEMA; DHALIWAL, 2004).

Os benefícios da heterose são amplamente conhecidos e muitos pesquisadores vêm continuamente buscando estratégias para a o desenvolvimento de cultivares que expressem heterose para se aproveitarem de tais benefícios (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021; FU et al., 2014). Recentemente, Tamta & Singh (2018) investigaram os efeitos da heterose em tomateiro e verificaram heterose negativa para precocidade (dias para primeira colheita) e altura de plantas, e positiva para produção por planta, peso de fruto e número de frutos por planta, resultados desejados para a produção de híbridos de tomateiro. Dessa forma, a produção de híbridos de tomateiro com o auxílio da seleção assistida por marcadores (SAM), como discutido anteriormente, é uma estratégia interessante para o desenvolvimento de cultivares promissores.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi obter híbridos de tomateiro para mesa, dos grupos santa cruz, cereja e italiano, com alto número de genes de resistência e avaliá-los, juntamente com seus genitores, quanto ao potencial para uso em programas de melhoramento e lançamento comercial.

3.2 Objetivos específicos

Obter 16 híbridos de tomateiro com alto número de genes de resistência às principais doenças que acometem a cultura.

Avaliar o desempenho *per se* dos híbridos e seus genitores (linhagens) quanto a características relativas à produção, precocidade, morfologia de plantas, e qualidade de frutos, e compará-los entre si e com uma testemunha comercial.

Estimar os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens genitoras e da capacidade específica de combinação (CEC) dos híbridos para as características avaliadas.

Selecionar híbridos promissores, quanto às características avaliadas, com alto número de genes de resistência, para lançamento comercial.

Selecionar genótipos promissores para utilização em programas de melhoramento de tomateiro para melhoria das características avaliadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção dos híbridos

Em um trabalho prévio, sob orientação do professor Derly José Henriques da Silva (DAA-UFV), os cultivares Santyno F1 (Agristar), do grupo Santa Cruz, e Mascot F1 (Agristar), do grupo cereja, foram selecionados por apresentarem alta produtividade, alta resistência a doenças e alta qualidade dos frutos. Foi realizado o cruzamento entre esses cultivares e as gerações foram avançadas até F8, obtendo-se 200 linhagens, pelo método Single Seed Descent (SSD), devido à praticidade deste método, à pouca mão-de-obra requerida, fácil condução, rapidez e, principalmente, por propiciar uma alta variabilidade genética entre as linhagens. As linhagens foram, então, enviadas para a empresa AgBiotech, localizada em Monterey, CA (EUA), para se identificar a presença ou ausência dos genes *Mi-1.2*, *Ve*, *I-2*, *I-3*, *I-7*, *Frl*, *Ty-1*, *Ty-2*, *Sw-5*, *Sw-7*, *Tm-1*, *Tm-2* e *Tm-2a* (ou *Tm-2²*), já descritos anteriormente.

Com base nos dados obtidos através do método acima, foi feita uma simulação de cruzamentos entre todas as linhagens, par a par, e verificou-se a quantidade de genes de resistência resultante nos híbridos de cada cruzamento. As oito linhagens cujos cruzamentos resultaram nos híbridos com o maior número de genes de resistência foram selecionadas para compor um dialelo parcial (4x4), e estas foram separadas em dois grupos de genitores, 1 e 2, buscando-se uma alta complementariedade de genes de resistência a doenças entre os dois grupos, de forma a se obter 16 híbridos com o maior número de genes de resistência a doenças possível. As linhagens do grupo 1 foram nomeadas de 1 a 4, as linhagens do grupo 2 de A a D, e os híbridos de 1A, 1B, ..., 4D, de acordo com a combinação dos genitores, conforme ilustrado na Tabela 4.1. Não foram consideradas informações a respeito de outras características de interesse, além do número de genes de resistência, para a seleção das linhagens, pois estas ainda não foram caracterizadas para outras características, portanto estas informações não existem.

Tabela 4.1 - Esquema dos cruzamentos entre as linhagens no dialelo parcial

Grupo 1	Grupo 2			
	A	B	C	D
1	1A	1B	1C	1D
2	2A	2B	2C	2D
3	3A	3B	3C	3D
4	4A	4B	4C	4D

Linhagens: 1 a 4 e A a D; híbridos: 1A a 4D.

Tabela 4.2 - Genes de resistência presentes nos genótipos, patógenos aos quais os híbridos são resistentes, nº de genes (G) presentes nos genótipos e nº de patógenos (P) aos quais os híbridos são resistentes

Híb.	Nº de G e P	Genes de resistência presentes no híbrido e patógenos aos quais o híbrido é resistente
1A	G: 8 P: 8	<i>I-3; Ve; Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-5*</i> ; <i>Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV; FORL; ToMV; TMV
1B	G: 6 P: 5	<i>I-3*</i> ; <i>Ve; Ty-1; I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5*</i> <i>Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV
1C	G: 9 P: 8	<i>I-3*</i> ; <i>Ve*</i> ; <i>Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5*</i> ; <i>Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV; FORL; ToMV; TMV
1D	G: 8 P: 8	<i>I-3*</i> ; <i>Ve; Ty-1; I-2; Sw-5*</i> ; <i>Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV; FORL; ToMV; TMV
2A	G: 8 P: 10	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3; Ve*</i> ; <i>I-2; Sw-5; Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TSWV; FORL; ToMV; TMV
2B	G: 7 P: 8	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3*</i> ; <i>Ve*</i> ; <i>Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV
2C	G: 9 P: 10	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3*</i> ; <i>Ve*</i> ; <i>I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5; Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TSWV; FORL; ToMV; TMV
2D	G: 9 P: 11	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3*</i> ; <i>Ve*</i> ; <i>Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-5; Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV; FORL; ToMV; TMV
3A	G: 9 P: 10	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3; Ve*</i> ; <i>I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5*</i> ; <i>Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TSWV; FORL; ToMV; TMV
3B	G: 8 P: 8	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3*</i> ; <i>Ve*</i> ; <i>Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-7; Sw-5*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV
3C	G: 9 P: 10	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3*</i> ; <i>Ve*</i> ; <i>I-2; Sw-7; Sw-5*</i> ; <i>Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TSWV; FORL; ToMV; TMV
3D	G: 10 P: 11	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3*</i> ; <i>Ve*</i> ; <i>Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5*</i> ; <i>Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV; FORL; ToMV; TMV
4A	G: 9 P: 10	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>I-3*</i> ; <i>Ve; I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5; Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1, 2 e 3; <i>Va; Vd</i> raça 1; TSWV; FORL; ToMV; TMV
4B	G: 6 P: 8	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>Ve; Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-7; Sw-5</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1 e 2; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV
4C	G: 8 P: 10	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>Ve; I-2; Sw-7; Sw-5; Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1 e 2; <i>Va; Vd</i> raça 1; TSWV; FORL; ToMV; TMV
4D	G: 9 P: 11	<i>Mi-1.2*</i> ; <i>Ve; Ty-1*</i> ; <i>I-2; Sw-7*</i> ; <i>Sw-5; Frl*</i> ; <i>Tm-2*</i> ; <i>Tm-2a*</i> <i>Ma; Mi; Mj; Fol</i> : raças 1 e 2; <i>Va; Vd</i> raça 1; TYLCV; TSWV; FORL; ToMV; TMV
Lin.	Nº de G	Genes de resistência presentes na linhagem
1	G: 4	<i>I-3; Ve; Ty-1; I-2</i>
2	G: 4	<i>Mi-1.2; I-3; I-2; Sw-5; Ty-2*</i>
3	G: 4	<i>Mi-1.2; I-3; I-2; Sw-7</i>
4	G: 5	<i>Mi-1.2; Ve; I-2; Sw-7; Sw-5; Ty-2*</i>
A	G: 7	<i>I-3; Ve; I-2; Sw-5; Frl; Tm-2; Tm-2a; Ty-2*</i>
B	G: 5	<i>Ve; Ty-1; I-2; Sw-7; Sw-5</i>
C	G: 7	<i>Ve; I-2; Sw-7; Sw-5; Frl; Tm-2; Tm-2a</i>
D	G: 7	<i>Ve; Ty-1; I-2; Sw-5; Frl; Tm-2; Tm-2a; Ty-2*</i>
Mascot		Resistente a <i>Fol, Va, TMV</i> (informações da Agristar)

Fol: *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*; FORL: *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*; Híb.: híbrido; Lin.: linhagem; *Ma*: *Meloidogyne arenaria*; *Mi*: *Meloidogyne incognita*; *Mj*: *Meloidogyne javanica*; *Va*: *Verticillium albo-atrum*; *Vd*: *Verticillium dahliae*; TMV: *Tobacco mosaic virus*; ToMV: *Tomato mosaic virus*; TSWV: *Tomato spotted wilt virus*; TYLCV: *Tomato yellow leaf curl virus*; *: genes sem asterisco estão em homozigose, genes com asterisco estão em heterozigose.

As linhagens escolhidas para os cruzamentos possuem 4 a 7 genes de resistência em homozigose, e os híbridos provenientes dos cruzamentos possuem entre 6 e 10 genes cada, alguns em homozigose e outros em heterozigose, de acordo com os genes presentes nas linhagens genitoras, conforme ilustrado na Tabela 4.2. Nenhuma linhagem possui os genes *I-7* e *Tm-1* e as linhagens A, 2, D e 4 estão em heterozigose para o gene *Ty-2*, o que fará com que apenas alguns indivíduos dos híbridos provenientes dos cruzamentos com estas linhagens possuam resistência a algumas cepas de TYLCV.

As hibridações foram feitas manualmente em casa de vegetação. Foram cultivadas cinco plantas de cada uma das oito linhagens escolhidas em vasos de dez litros contendo terra, calcáreo e esterco, e as plantas receberam os tratamentos culturais necessários até o momento da colheita dos frutos. No estágio de florescimento, coletou-se pólen, utilizando-se uma pinça, das plantas de cada uma das quatro linhagens do grupo 1, separadamente. As plantas das linhagens do grupo 2 receberam pólen de cada uma das plantas das linhagens do grupo 1, de forma a se obter 16 híbridos F1, geneticamente distintos. As polinizações foram feitas através da emasculação (remoção das anteras) das flores do grupo 2, em estágio de desenvolvimento em que o estigma estava receptivo ao pólen, e deposição do pólen das linhagens do grupo 1 sobre os estigmas das flores emasculadas, utilizando-se uma pinça.

Após o amadurecimento dos frutos polinizados, estes foram colhidos, amassados e fermentados por aproximadamente 3 a 4 dias para remoção da mucilagem externa das sementes, que então foram lavadas, secadas e armazenadas em câmara fria apropriada (CAVARIANI et al., 1994).

4.2 Plantio e cultivo das plantas em condições experimentais

O experimento foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão Horta Velha (20°45'24,2" S 42°50'43,2" O). Uma área de 19,2 x 17 m (326,4 m²) foi arada, gradeada e foi feita a análise de solo das camadas 0 - 20 cm e 0 - 40 cm, obtendo-se os resultados da Tabela 4.3 abaixo.

A acidez do solo foi corrigida através da aplicação a lanço de calcáreo (PRNT = 82,67%), em área total, e incorporação na camada de 0 a 30 cm com 34 dias de antecedência ao plantio das mudas na área experimental. A necessidade de calagem (NC) e a quantidade de calcáreo foram determinadas conforme recomendação de Ribeiro (1999), usando-se o método da saturação por bases, pelas fórmulas $NC = [T(V_2 - V_1)]/100$, com $T = 6,31$, $V_1 = 47,7$ e $V_2 = 75\%$ de saturação desejada, encontrando-se $NC = 1,722$ t/ha, e

$QC = NC \times \frac{SC}{100} \times \frac{PF}{20} \times \frac{100}{PRNT}$, com $SC = 3,264$ (% de 1 ha a ser coberto), $PF = 30$ (profundidade a ser incorporado) e $PRNT = 82,67$, obtendo-se $QC = 0,10198 \text{ t} = 101,98 \text{ kg}$.

Tabela 4.3 - Resultado da análise de solo das camadas 0 - 20 cm e 0 - 40 cm da área experimental

Camada	pH (H ₂ O)	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Ca ²⁺ (cmolc/dm ³)	Mg ²⁺ (cmolc/dm ³)	Al ³⁺ (cmolc/dm ³)	H + Al (cmolc/dm ³)
0-20 cm	5,4	55,3	98	2,36	0,40	0,1	3,30
0-40 cm	5,5	37,5	100	2,24	0,38	0,0	2,31
	SB (cmolc/dm ³)	(t) (cmolc/dm ³)	(T) (cmolc/dm ³)	V (%)	m (%)	MO (dag/kg)	B (mg/dm ³)
0-20 cm	3,01	3,11	6,31	47,7	3,2	2,7	0,02
0-40 cm	2,88	2,88	5,19	55,5	0,0	2,3	0,02

Foi realizada uma adubação de plantio em sulco, nove dias antes do plantio das mudas, em quantidade estabelecida de acordo com a análise de solo e recomendações de Alvarenga (2014) e Ribeiro (1999). A mistura de fertilizantes utilizada foi a seguinte: 563 g de cloreto de potássio, 27,9 kg de super triplo, 16,3 kg de formulado NPK 6-30-6, 587 g de bórax e 326 g de sulfato de zinco.

As sementes foram plantadas em bandejas de 128 células contendo substrato apropriado para germinação de sementes de hortaliças e as mudas foram conduzidas nas bandejas até o estágio de quatro folhas definitivas, quando então foram transplantadas para a área preparada.

O experimento foi conduzido utilizando-se o delineamento em blocos ao acaso (DBC), com três repetições e 25 tratamentos (genótipos): oito linhagens, 16 híbridos e uma testemunha. A testemunha foi o cultivar Mascot (Agristar), do grupo cereja, sendo este um dos progenitores das linhagens avaliadas.

Cada linha do experimento teve cinco parcelas com seis plantas cada, além de uma planta extra em cada extremidade de linha como bordadura, totalizando 32 plantas por linha. Cada bloco foi composto de cinco linhas e foram plantadas duas linhas extras nas extremidades do experimento para servirem como bordadura, totalizando 17 linhas. Dessa forma, foram transplantadas um total de 544 plantas no campo, seguindo um espaçamento de 0,6 m entre plantas e 1 m entre linhas, totalizando uma área de 19,2 x 17 m (326,4 m²).

As plantas foram tutoradas amarrando-se um fitilho na base do caule, enrolando-o ao longo do caule e amarrando a ponta do fitilho em um arame horizontal a 1,7 m de altura, sustentado por estacas de eucalipto no início e fim de cada parcela e um bambu no meio de cada parcela. Foram conduzidas duas hastes por planta: a haste principal e a haste imediatamente abaixo do

primeiro cacho da haste principal. Todos os outros brotos foram removidos ainda pequenos. As hastes principais foram podadas acima da primeira folha após o 6º cacho e as secundárias foram podadas após o 4º cacho.

As fertirrigações foram realizadas a cada 15 dias conforme recomendações de Alvarenga (2013), utilizando-se as quantidades de fertilizantes mostradas na Tabela 4.4 abaixo.

Tabela 4.4 - Quantidades de fertilizantes utilizados nas fertirrigações

DAT	Ureia (kg)	MAP (kg)	Sulfato de potássio (kg)	Nitrato de potássio (kg)	Nitrato de cálcio (kg)
15	0,51	4,76	2,50		
30	3,71		3,17		
45	4,95		4,23		
60	4,54		3,04	1,35	
75	1,11			7,25	1,82
90	1,31			9,07	1,94

DAT: dias após o transplante; MAP: fosfato monoamônico.

As irrigações, tutoramento e pulverizações de defensivos foram realizadas de acordo com a necessidade apresentada pelas plantas e foram realizadas capinas frequentes para conter as plantas daninhas.

4.3 Avaliação dos genótipos

Todas as avaliações, com exceção de produção, nº de frutos colhidos, nº de botões e nº de abortos, foram realizadas apenas nas hastes principais das três plantas centrais de cada parcela, de forma a se obter a média entre as três plantas. As avaliações referentes à qualidade dos frutos foram realizadas com frutos do 3º cacho das hastes principais (IPGRI, 1996).

4.3.1 Precocidade

Após a emissão do primeiro cacho de cada planta, foram contadas quantas folhas foram emitidas antes do cacho para se avaliar a precocidade dos genótipos.

4.3.2 Características morfológicas

Foi verificado o hábito de crescimento de cada genótipo, sendo que os de crescimento indeterminado são os de interesse para esse programa de melhoramento para tomate de mesa.

O 3º cacho de cada planta (IPGRI, 1996) foi classificado de acordo com a quantidade de ramificações que apresentou.

Os diâmetros equatorial (DE) e polar (DP) de seis frutos representativos do 3º cacho de cada planta avaliada (IPGRI, 1996) foram medidos com um paquímetro digital e foram obtidas as médias dos seis frutos de cada parcela. Os frutos foram classificados em cereja, santa cruz ou italiano, de acordo com o DE e a relação DP/DE apresentada, segundo a classificação proposta pelo CQH/CEAGESP (2003), descrita anteriormente. Observou-se a presença ou ausência de “ombro verde” nos frutos e estes foram cortados ao meio perpendicularmente ao eixo que passa pelos polos do fruto e para verificação da quantidade lóculos presentes.

Foi observada a presença ou ausência de brotos vegetativos em folhas e cachos, tendo em vista que a presença destes causa um aumento da mão-de-obra de desbrota, sendo, portanto, indesejada.

Utilizando-se uma trena, a primeira folha após o 3º cacho (IPGRI, 1996) teve seu comprimento medido desde a junção do pecíolo ao caule até a extremidade do último folíolo, e a largura foi medida desde a extremidade do maior folíolo do lado esquerdo até a extremidade do maior folíolo do lado direito da folha, de acordo com o método proposto por Schwarz & Kläring (2006).

O entrenó entre a primeira e a segunda folha após o 3º cacho (IPGRI, 1996) teve o diâmetro medido com o auxílio de um paquímetro digital e o comprimento medido com uma trena.

4.3.3 Qualidade dos frutos

A cor do tegumento de quatro frutos foi quantificada utilizando-se um colorímetro digital “Color Reader CR-10” (marca Konica Minolta Optics), obtendo-se os valores de “a” e “b” descritos anteriormente, e foi calculada a média entre os frutos. A partir das médias de “a” e “b”, foi calculada a relação $(a/b)^2$ de cada tratamento, como indicativo indireto do teor de licopeno, como sugerido por Carvalho et al. (2005).

A força necessária para romper o pericarpo foi mensurada em quatro frutos de cada parcela, utilizando-se um penetrômetro digital “PTR-300” (marca Instrutherm) com ponteira cilíndrica de 5,8 mm de diâmetro, perfurando-se os frutos em dois locais opostos e perpendicularmente ao eixo que passa pelos polos, e então foi obtida a média das oito medidas. A pressão necessária para o rompimento foi calculada dividindo-se a média da força (kgf) pela área da ponteira (cm²), obtendo-se a firmeza do pericarpo em kgf/cm².

Após os procedimentos acima, uma determinada quantidade de frutos de cada parcela foi triturada em liquidificador para obtenção de 300 ml de polpa homogeneizada. O pH dessa polpa foi determinado utilizando-se um pHmetro digital “pH 21” (marca Hanna).

5 gramas da polpa homogeneizada de cada parcela foram colocados em balões volumétricos de 100 ml e estes foram completados com água desmineralizada até a marca de 100 ml e misturou-se para homogeneização, gerando uma solução. Uma alíquota de 10 ml da solução de cada parcela foi transferida, utilizando-se uma pipeta, do balão volumétrico para um Erlenmeyer, e foram pingadas duas gotas de fenolftaleína em cada um destes. O Erlenmeyer de cada parcela foi titulado com uma solução de NaOH 0,005 mol/L até a solução se tornar arroxeadada e o volume gasto da solução de NaOH foi anotado e utilizado para o cálculo da acidez titulável (em %) da polpa homogeneizada através da seguinte fórmula:

$$\frac{V \cdot f \cdot M \cdot 100}{P} \text{ (ZENEBOON; PASCUET; TIGLEA, 2008), em que:}$$

V = quantidade (em ml) da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação,

f = fator de correção (0,7407) da solução de hidróxido de sódio,

P = massa da amostra (5 g) usada na solução de 100 ml,

M = molaridade (0,005 mol/L) da solução de hidróxido de sódio,

O teor de sólidos solúveis totais (SST) da polpa foi determinado através de um refratômetro digital “HI-96801” (marca Hanna) que forneceu os valores de °Brix. A relação SST/AT foi calculada a partir dos valores obtidos.

A viscosidade da polpa homogeneizada foi verificada utilizando-se um Consistômetro de Bostwick, no qual preenche-se um compartimento com polpa, abre-se a comporta do compartimento e verifica-se qual a distância percorrida pela polpa em um intervalo de 10 segundos. Após dividir a distância percorrida pelo tempo (10s) obteve-se o valor da velocidade de escoamento em mm/s, utilizada como medida de viscosidade neste experimento. Apesar de ser uma característica de importância para cultivares de tomate industrial, a viscosidade foi avaliada para identificar possíveis genótipos adequados para serem usados em trabalhos futuros com o foco no processamento industrial.

4.3.4 Produção, produtividade e peso de frutos

Os frutos de cada haste das plantas avaliadas em cada parcela foram colhidos semanalmente, pesados e contabilizados. Ao final do ciclo foram somados os dados semanais, obtendo-se a produção total (em kg) e a quantidade total de frutos por haste em cada parcela.

A produção por haste (kg/haste) e o nº de frutos por haste foram obtidas dividindo-se os valores totais de cada haste em cada parcela por 3 (3 plantas avaliadas por parcela). A produção

por planta (kg/planta) e o número de frutos por planta foram obtidos somando-se os valores das duas hastes (principal e secundária). O peso por cacho e o nº de frutos por cacho foram obtidas dividindo-se os valores totais de cada parcela por 30 (10 cachos por planta x 3 plantas por parcela). O peso médio do fruto foi obtido dividindo-se a produção total da parcela (kg) pela quantidade total de frutos colhidos por parcela. A produtividade foi obtida dividindo-se a produção por planta por 0,6 m² (área de cada planta), obtendo-se kg/m², e foi transformada em t/ha por regra de três.

4.3.5 Análise de desfrute

Foi contabilizada a quantidade de botões florais produzidos por cada planta avaliada, assim como a quantidade de frutos menores que 1 cm que não se desenvolveram. Essas quantidades foram então comparadas com a quantidade de frutos colhidos para estimar-se a quantidade de abortos por parcela, por diferença. A taxa de aborto foi estimada dividindo-se a quantidade de frutos abortados pela quantidade de botões produzidos. Quanto menor a taxa de aborto, menor o desperdício de nutrientes e energia pela planta.

4.4 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software GENES versão 1990.2023.45 (CRUZ, 2013). Inicialmente foi verificado se os dados atendiam às pressuposições da ANOVA, foram utilizados os testes de Lilliefors e Bartlett para verificação de normalidade e homogeneidade das variâncias, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade. Os dados que não atenderam às pressuposições foram transformados de forma a atender às pressuposições, quando possível. As ANOVAS e os demais testes subsequentes foram realizados com os dados transformados.

Foram então realizadas uma ANOVA para cada característica avaliada e foi realizado o teste F a 1% e 5% de probabilidade para verificar se existiam diferenças significativas entre os tratamentos para as características avaliadas, considerando-se o modelo fixo:

$$Y_{ij} = m + g_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : valor observado para o i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

m : média geral de todas as observações;

g_i : efeito do i -ésimo genótipo;

b_j : efeito do j -ésimo bloco;

e_{ij} : erro experimental associado ao valor observado para o i -ésimo genótipo no j -ésimo bloco;

O teste de Dunnett foi então realizado, ao nível de 5% de probabilidade, para comparar as médias dos tratamentos com as médias da testemunha Mascot (Agristar), verificando-se se os híbridos obtidos foram superiores ou inferiores a esta.

Em seguida foi realizado o teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, para o agrupamento e identificação dos híbridos com melhores médias para as características de interesse.

Para a avaliação do potencial das linhagens e híbridos como genitores em programas de melhoramento, os dados experimentais (excluindo-se a testemunha) foram submetidos a uma análise dialélica segundo o método de Griffing (1956) modificado por Geraldi e Miranda Filho (1988) para dialelos parciais, de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = u + \frac{1}{2}(d_1 + d_2) + g_i + g'_j + s_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : média do cruzamento envolvendo o i -ésimo progenitor do grupo 1 e o j -ésimo progenitor do grupo 2;

Y_{i0} : média do i -ésimo progenitor do grupo 1 ($i = 0, 1, \dots, p$);

Y_{0j} : média do j -ésimo progenitor do grupo 2 ($i = 0, 1, \dots, q$);

u : média geral do dialelo;

d_1, d_2 : contrastes envolvendo médias dos grupos 1 e 2 e a média geral;

g_i : efeito da capacidade geral de combinação do i -ésimo progenitor do grupo 1;

g'_j : efeito da capacidade geral de combinação do j -ésimo progenitor do grupo 2;

s_{ij} : efeito da capacidade específica de combinação; e

ε_{ij} : erro experimental médio (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Este método forneceu a ANOVA do dialelo e estimou os valores dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens e da capacidade específica de combinação (CEC) dos híbridos para cada característica avaliada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5.1 mostra as medidas dos diâmetros equatorial e polar dos frutos e as características qualitativas referentes à morfologia das plantas e dos frutos apresentadas pelos 25 genótipos avaliados. Os genótipos com cachos com diferentes números de ramificações tiveram todas as quantidades de ramificações incluídas na tabela, em que o número 1 indica cachos com apenas uma haste, sem ramificações.

Tabela 5.1 – Classificação das plantas e frutos de 25 genótipos em relação a dez características avaliadas

Genótipo	Característica									
	DE (mm)	DP (mm)	$\frac{DP}{DE}$	Classificação CQH/CEAGESP	Hábito de crescimento	Ombro verde	RPC	BVC	BVF	Nº de lóculos
1A	40,0	49,4	1,23	Italiano	Indeterminado	Sim	1, 2, 3	Sim	Não	2
1B	34,1	49,0	1,44	Cereja	Indeterminado	Sim	1, 2, 3	Sim	Sim	2
1C	36,2	52,5	1,46	Cereja	Indeterminado	Sim	1, 2	Sim	Sim	2
1D	45,2	46,9	1,05	Santa cruz	Indeterminado	Sim	1, 2	Sim	Não	2
2A	41,8	46,3	1,11	Santa cruz	Indeterminado	Não	1, 2	Não	Não	2
2B	38,0	48,6	1,28	Cereja	Indeterminado	Sim	1, 3	Sim	Não	2
2C	42,2	44,9	1,06	Santa cruz	Indeterminado	Sim	1, 2	Sim	Sim	2
2D	38,9	44,9	1,15	Cereja	Determinado	Não	3+	Não	Não	2
3A	38,0	49,6	1,31	Cereja	Indeterminado	Sim	1, 2	Não	Não	2
3B	34,6	52,5	1,52	Cereja	Indeterminado	Sim	1, 2	Sim	Sim	2
3C	37,9	53,2	1,40	Cereja	Indeterminado	Sim	1, 2	Sim	Sim	2
3D	41,2	50,0	1,26	Italiano	Determinado	Sim	3+	Sim	Não	2
4A	45,0	46,6	1,04	Santa cruz	Indeterminado	Não	1, 3	Não	Não	2
4B	43,4	46,8	1,08	Santa cruz	Indeterminado	Não	3+	Sim	Não	2
4C	44,2	48,3	1,09	Santa cruz	Indeterminado	Não	1, 2, 3	Sim	Não	2
4D	48,1	48,1	1,00	Santa cruz	Indeterminado	Não	1, 3	Sim	Não	2
A	46,6	48,6	1,04	Santa cruz	Indeterminado	Não	1, 2	Não	Não	2
B	38,0	47,0	1,24	Cereja	Indeterminado	Sim	3+	Sim	Sim	3
C	43,2	53,2	1,23	Italiano	Indeterminado	Sim	1	Sim	Não	2
D	43,8	48,5	1,12	Santa cruz	Determinado	Não	3+	Não	Não	2
1	30,1	48,4	1,61	Cereja	Indeterminado	Sim	3+	Sim	Sim	2
2	32,0	35,3	1,10	Cereja	Determinado	Não	3+	Não	Não	2
3	24,6	43,5	1,78	Cereja	Determinado	Não	3+	Não	Não	2
4	43,1	45,6	1,06	Santa cruz	Indeterminado	Não	1, 2	Não	Não	2
Mascot	25,1	35,4	1,41	Cereja	Indeterminado	Não	3+	Sim	Não	2

DE: diâmetro equatorial dos frutos (média dos blocos); DP: diâmetro polar dos frutos (média dos blocos); CQH: Centro de Qualidade em Horticultura; RPC: nº de ramificações por cacho; BVC: presença de brotação vegetativa em cacho; BVF: presença de brotação vegetativa em folhas.

Algumas características não atenderam às pressuposições da ANOVA (homogeneidade e normalidade dos erros) com os dados originais e as seguintes transformações foram realizadas de forma que os dados transformados atendessem às pressuposições: $\log(x)$: precocidade (nº de folhas antes do 1º cacho), firmeza, nº de frutos na 1ª haste, peso médio do fruto e nº de frutos por cacho; raiz-quadrada(x): largura da folha; x^2 : cor do fruto (a) e cor do fruto $[(a/b)^2]$. As características diâmetro polar (DP), diâmetro equatorial (DE), DP/DE, nº de frutos por planta e número de botões por planta não atenderam às pressuposições da ANOVA e nenhuma transformação dos dados foi capaz de resolver o problema, portanto, não foram incluídas nas ANOVAs e testes de Dunnet e Scott-Knott. A característica nº de frutos na 1ª haste foi utilizada nas análises no lugar de nº de frutos por planta, pois ela atendeu às pressuposições da ANOVA após a transformação $\log(x)$. As demais características atenderam às pressuposições da ANOVA com os dados originais.

Na Tabela 5.2 tem-se o resumo da análise de variância do dialelo parcial. A característica precocidade foi a única sem diferenças significativas para capacidade geral de combinação (CGC) entre os genótipos de nenhum dos grupos pelo teste F a 5% de probabilidade. Nas demais características foram observadas diferenças significativas, pelo teste F a 1 ou 5% de probabilidade, entre os genótipos do grupo 1 e entre os genótipos do grupo 2, com exceção de cor do fruto $(a/b)^2$, pH e firmeza, as quais apresentaram diferenças significativas para apenas um dos grupos. As características precocidade, nº de frutos na 1ª haste, comprimento do entrenó, cor do fruto (a), cor do fruto $(a/b)^2$ e viscosidade não apresentaram efeito significativo da capacidade específica de combinação (CEC). As demais características apresentaram efeitos significativos para a CEC, o que é um indicativo da existência de efeitos gênicos não aditivos (dominância ou epistasia) controlando estas características, portanto são características ideais para serem exploradas através da utilização de cultivares híbridos, devido à heterose.

As estimativas dos efeitos da CGC e CEC das linhagens e híbridos para dez características avaliadas estão apresentadas na Tabela 5.3. De maneira geral, as linhagens com maiores magnitudes de efeito de CGC, no sentido favorável à característica em questão, possuem maior quantidade de alelos favoráveis de genes de ação aditiva para a característica, e os híbridos com maiores magnitudes de efeito de CEC, no sentido favorável, possuem melhor complementariedade de alelos de genes com efeito não aditivo (dominância e epistasia), influenciando favoravelmente a heterose expressa pelo híbrido. Dessa forma, os híbridos a serem selecionados serão aqueles com maiores magnitudes de CEC, cujas linhagens genitoras apresentaram as maiores magnitudes de CGC, indicando que possuem grande quantidade de alelos favoráveis de ação aditiva e alta complementariedade de alelos de ação não aditiva.

Tabela 5.2 – Resumo da análise de variância do dialelo parcial com as estimativas dos quadrados médios de 19 características avaliadas em 24 genótipos mediante dialelo parcial, segundo o método de Griffing (1956) adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988)

Fonte de variação	GL	Característica									
		Precocidade		Nº de frutos 1ª haste		Produtividade (t/ha)		Peso médio do fruto (g)		Nº de frutos por cacho	
Tratamentos	23	0,0023	ns	0,022	ns	875,0	**	0,074	**	0,036	**
G1 vs G2	1	0,0063	*	0,011	ns	1916,6	**	0,649	**	0,076	**
CGC G1	3	0,0031	ns	0,044	*	644,5	**	0,121	**	0,079	**
CGC G2	3	0,0020	ns	0,068	**	2494,2	**	0,029	**	0,106	**
CEC	16	0,0020	ns	0,010	ns	549,6	**	0,038	**	0,013	**
Resíduo	46	0,0016		0,015		34,0		0,002		0,004	

Fonte de variação	GL	Característica									
		Peso por cacho (g)		Comprimento da folha (cm)		Largura da folha (cm)		Diâmetro do entrenó (mm)		Comprimento do entrenó (cm)	
Tratamentos	23	0,089	**	75,3	**	0,60	**	10,6	**	3,6	**
G1 vs G2	1	0,256	**	90,0	**	0,87	**	16,2	**	1,5	ns
CGC G1	3	0,102	**	151,9	**	0,69	**	27,4	**	14,2	**
CGC G2	3	0,151	**	223,4	**	2,08	**	27,1	**	8,1	**
CEC	16	0,065	**	32,3	**	0,29	**	4,0	**	0,8	ns
Resíduo	46	0,003		6,1		0,05		0,7		0,9	

Fonte de variação	GL	Característica									
		Cor do fruto (a)		Cor do fruto (a/b) ²		pH		SST (°Brix)		Acidez titulável (%)	
Tratamentos	23	106014,8	**	6,1	ns	0,022	*	1,40	**	0,037	**
G1 vs G2	1	20562,6	ns	0,2	ns	0,005	ns	1,55	**	0,036	**
CGC G1	3	244717,5	**	11,8	*	0,049	**	4,83	**	0,129	**
CGC G2	3	236613,8	**	1,2	ns	0,008	ns	1,40	**	0,044	**
CEC	16	60861,4	ns	6,3	ns	0,020	*	0,75	**	0,019	**
Resíduo	46	40800,9		3,5		0,010		0,11		0,002	

Fonte de variação	GL	Característica								
		SST/AT (%)		Firmeza (kgf/cm ²)		Viscosidade (mm)		Taxa de aborto		
Tratamentos	23	13,6	**	0,049	**	2076,4	**	0,048	**	
G1 vs G2	1	0,5	ns	0,000	ns	4374,0	**	0,001	ns	
CGC G1	3	28,5	**	0,034	ns	7526,5	**	0,130	**	
CGC G2	3	32,3	**	0,148	**	3958,8	**	0,163	**	
CEC	16	8,1	**	0,036	*	558,0	ns	0,015	**	
Resíduo	46	1,2		0,017		448,9		0,003		

GL: graus de liberdade, ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Tabela 5.3 – Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) de dez características avaliadas em 24 genótipos mediante dialelo parcial, segundo o método de Griffing (1956) adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988)

GENÓTIPOS	CARACTERÍSTICA								
	NFH	PROD (t/ha)	PMF (g)	NFC	PPC (g)	COM.F (cm)	LAR.F (cm)	DIA.E (mm)	COM.E (cm)
GRUPO 1	CGC Grupo 1								
1	0,035	1,886	-0,011	0,040	0,028	3,736	0,248	1,259	-0,698
2	-0,046	-7,110	-0,036	-0,053	-0,097	-1,724	-0,062	-0,528	0,829
3	0,038	0,082	-0,056	0,059	0,003	-0,875	-0,046	-1,168	0,477
4	-0,026	5,142	0,103	-0,045	0,066	-1,137	-0,140	0,437	-0,608
GRUPO 2	CGC Grupo 2								
A	0,006	1,004	0,026	-0,006	0,022	-1,560	-0,295	-0,128	0,115
B	0,069	0,933	-0,033	0,052	0,022	3,378	0,278	0,525	0,166
C	-0,018	11,442	0,033	0,045	0,059	1,584	0,227	1,029	-0,821
D	-0,057	-13,378	-0,026	-0,092	-0,103	-3,402	-0,210	-1,426	0,540
HÍBRIDOS	CEC dos cruzamentos								
1A	-0,034 ^{ns}	7,109	0,042	-0,015	0,042	0,181	0,113	0,572	0,212 ^{ns}
1B	-0,067 ^{ns}	-7,710	-0,005	-0,080	-0,058	1,684	0,081	0,309	0,711 ^{ns}
1C	0,030 ^{ns}	-2,678	0,001	0,030	0,004	1,808	0,292	-0,655	0,478 ^{ns}
1D	0,019 ^{ns}	4,312	0,064	0,014	0,167	-1,756	-0,164	-0,020	0,177 ^{ns}
2A	0,058 ^{ns}	11,785	0,084	0,081	0,167	2,471	0,133	1,559	-0,656 ^{ns}
2B	0,044 ^{ns}	14,837	0,090	0,076	0,167	3,254	0,631	1,267	-1,087 ^{ns}
2C	0,062 ^{ns}	9,188	0,060	0,083	0,129	5,378	0,148	1,613	-0,049 ^{ns}
2D	0,020 ^{ns}	-4,582	-0,011	0,024	-0,008	2,314	0,146	-0,542	0,419 ^{ns}
3A	0,014 ^{ns}	3,473	0,101	-0,054	0,067	3,233	0,237	0,569	-0,023 ^{ns}
3B	-0,060 ^{ns}	4,864	0,103	-0,032	0,067	-1,375	-0,238	-0,703	0,156 ^{ns}
3C	0,068 ^{ns}	21,835	0,127	0,018	0,129	1,539	0,195	1,493	-0,417 ^{ns}
3D	0,017 ^{ns}	14,386	0,129	0,052	0,192	-0,705	-0,107	0,978	-0,338 ^{ns}
4A	0,008 ^{ns}	-2,077	-0,002	0,003	0,004	-0,506	-0,059	-0,516	0,062 ^{ns}
4B	0,004 ^{ns}	13,874	0,034	0,065	0,104	0,886	0,139	0,142	0,121 ^{ns}
4C	0,032 ^{ns}	-1,405	-0,059	0,029	-0,033	1,910	0,122	0,418	-0,502 ^{ns}
4D	-0,060 ^{ns}	6,525	0,067	0,006	0,029	1,036	0,279	0,393	-0,083 ^{ns}

NFH: nº de frutos na 1ª haste; PROD: produtividade; PMF: peso médio do fruto; NFC: nº de frutos por cacho; PPC: peso médio por cacho; COM.F: comprimento da folha; LAR.F: largura da folha; DIA.E: diâmetro do entrenó; COM.E: comprimento do entrenó; CGC: capacidade geral de combinação; CEC: capacidade específica de combinação; ns: não significativo pelo teste F.

Para a característica nº de frutos na 1ª haste, as melhores linhagens a serem selecionadas para se aumentar o nº de frutos são a 3 e a B, por apresentarem os efeitos de CGC positivos de maiores magnitudes dentro de cada grupo. A linhagem 1 apresentou efeito muito próximo à 3, podendo também ser utilizada. Quaisquer híbridos provenientes dos cruzamentos com essas

linhagens podem ser utilizados, já que não houve efeito significativo da CEC, indicando que é uma característica de efeito aditivo.

As linhagens 1, 3, 4, A, B e C apresentaram efeitos positivos de CGC para produtividade, sendo a 4 e a C as de maiores efeitos, e seus descendentes podem ser utilizados com a finalidade de se aumentar a produtividade. Os híbridos 1A, 3A, 3B, 3C e 4B são bons genótipos a serem utilizados para se aumentar a produtividade, pois são descendentes das linhagens mencionadas e ainda apresentaram efeitos de CEC positivos, indicando que possuem uma boa complementariedade de alelos herdados referentes à produtividade. Dentre estes híbridos, os mais promissores são o 3C e o 4B, pois são descendentes das linhagens com as maiores magnitudes de efeito de CGC e ainda apresentam as maiores magnitudes de efeitos da CEC.

Tanto o aumento quanto a redução do peso do fruto podem ser interessantes para programas de melhoramento com diferentes objetivos. Neste sentido, as linhagens 1, 2, 3, B e D apresentaram efeitos de CGC negativos e seus descendentes 1B e 2D podem ser utilizados para diminuição do peso do fruto, pois apresentaram efeito negativo da CEC, sendo o 1B o mais promissor por ser descendente da linhagem B, que apresentou o maior efeito negativo de CEC no grupo 2. As linhagens 4, A e C apresentaram efeitos positivos de CGC e seus descendentes 3C e 4D podem ser usados para o aumento da característica, pois apresentaram efeitos de CEC positivos, apesar de um dos genitores terem efeito de CGC negativo.

Os melhores híbridos para se aumentar o número de frutos por cacho são o 1C e o 3C, pois apresentam efeito positivo de CEC e ambos os genitores de ambos os híbridos apresentaram efeito positivo da CGC. Destes, o 3C é preferível pois seu genitor 3 apresentou maior efeito de CGC que o genitor 1.

As linhagens 1, 3, 4, A, B e C apresentaram efeito positivo de CGC para a característica peso por cacho, e os híbridos 1A, 1C, 3A, 3B, 3C, 4A e 4B podem ser utilizados para o aumento da característica, pois apresentaram efeito positivo de CEC e ambos seus genitores apresentaram efeitos positivos de CGC. Dentre estes, os híbridos 1C, 3C, 4A e 4B são preferíveis, por serem descendentes das linhagens com os maiores efeitos de CGC em cada grupo, sendo o 3C o melhor deles, por apresentar o maior efeito de CEC.

É interessante notar que o híbrido 3C se destacou como promissor para a melhoria de todas as características referentes à produção (produtividade, peso médio do fruto, número de frutos por cacho e peso por cacho), sendo, portanto, o melhor genótipo para este fim, e indicando uma provável correlação entre essas características.

Tanto o comprimento quanto a largura da folha podem ser reduzidos utilizando-se os híbridos 3D e 4A, pois apresentaram efeito negativo de CEC e são filhos das linhagens 3, 4, A

e D, que apresentaram efeitos negativos da CGC. O híbrido 3D é preferível por ter apresentado maiores efeitos de CEC do que o 4A para ambas as características, e por ser filho da linhagem D, que apresentou as maiores magnitudes do efeito de CGC no grupo 2 para ambas as características em questão.

As linhagens 1 e C apresentaram os maiores efeitos positivos de CGC para a característica diâmetro de entrenó e os maiores efeitos negativos de CGC para a característica comprimento de entrenó. Portanto, seus descendentes híbridos 1B e 4C são bons genótipos para o aumento do diâmetro e a redução do comprimento dos entrenós, possibilitando o desenvolvimento de cultivares eretos com menores necessidades de tutoramento, sendo o 4C preferível por apresentar maior efeito de CEC para o diâmetro do entrenó do que o 1B. O híbrido 4B também poderia ser utilizado para os mesmos fins, mas com menor eficiência. Não houve efeito significativo de CEC para a característica comprimento do entrenó, portanto as CECs dos cruzamentos não foram levadas em consideração para esta característica.

A Tabela 5.4, na página a seguir, apresenta as estimativas dos efeitos da CGC e CEC para as nove características avaliadas restantes. As melhores linhagens para se aumentar a intensidade da coloração vermelha do pericarpo, representada por COR.A na Tabela 5.4, foram a 3 e a B, pois apresentaram os maiores efeitos positivos de CGC em cada grupo. A linhagem D também pode ser utilizada, mas possui efeito menor. Quaisquer dos descendentes dessas linhagens podem ser utilizados para tal fim, tendo em vista que não houve diferenças significativas de efeito de CEC entre os híbridos. Como as linhagens promissoras para o aumento do parâmetro “a” de coloração não coincidiram com as promissoras para o aumento da relação $(a/b)^2$, é preferível que se utilize as linhagens já selecionadas (3, B e D) para o aumento indireto do teor de licopeno através do aumento do parâmetro “a”, ao invés da linhagem 4 para o aumento da relação $(a/b)^2$, pois a linhagem 4 apresentou efeito negativo para o parâmetro “a”. Dessa forma, ao se utilizar as linhagens 3, B e D, proporciona-se um aumento da coloração vermelha do pericarpo, o que é atrativo ao consumidor, e ainda se obtém um aumento indireto do teor de licopeno com um alto R^2 (79%), de acordo com Carvalho et al. (2005).

A média de pH encontrada entre os genótipos avaliados foi de 4,5. Segundo a revisão feita por Siddiqui, Ayala-Zavala e Dhua (2015), o ideal para o processamento industrial é que o pH esteja abaixo de 4,5. Não houve efeito significativo de CGC para o grupo 2 e a única linhagem do grupo 1 que apresentou efeito negativo de CGC foi a linhagem 3. O híbrido 3C é o melhor genótipo para se reduzir o pH, já que é descendente da linhagem 3 e apresentou efeito negativo de CEC.

Tabela 5.4 – Estimativa dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) de nove características avaliadas em 24 genótipos mediante dialelo parcial, segundo o método de Griffing (1956) adaptado por Geraldi e Miranda Filho (1988)

GENÓTIPOS	CARACTERÍSTICA								
	COR.A (a)	COR.B (a/b) ²	pH da polpa	SST (°Brix)	Acidez titulável (%)	SST/AT (%)	Firmeza (kgf/cm ²)	VISC (mm/s)	Taxa de aborto (%)
GRUPO 1	CGC Grupo 1								
1	-76,1	-0,308	0,019	-0,528	-0,106	1,27	-0,048 ^{ns}	-13,88	-0,047
2	-20,3	-0,359	0,035	0,233	0,052	-0,53	-0,007 ^{ns}	19,38	0,106
3	147,5	-0,384	-0,066	-0,188	0,047	-1,21	0,014 ^{ns}	-16,13	-0,053
4	-51,2	1,050	0,012	0,484	0,007	0,47	0,041 ^{ns}	10,63	-0,007
GRUPO 2	CGC Grupo 2								
A	-21,7	-0,194 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,345	-0,029	1,29	0,100	7,13	-0,039
B	85,2	0,187 ^{ns}	0,002 ^{ns}	-0,032	-0,031	0,51	-0,003	-19,25	-0,043
C	-131,3	0,194 ^{ns}	-0,022 ^{ns}	-0,103	-0,001	-0,40	-0,093	6,13	-0,042
D	67,9	-0,187 ^{ns}	-0,001 ^{ns}	-0,210	0,061	-1,40	-0,005	6,00	0,123
HÍBRIDOS	CEC dos cruzamentos								
1A	-31,2 ^{ns}	0,283 ^{ns}	-0,009	0,232	0,083	-1,55	0,075	13,58 ^{ns}	0,015
1B	162,2 ^{ns}	-1,338 ^{ns}	-0,009	0,308	-0,004	1,41	0,040	6,96 ^{ns}	0,049
1C	26,9 ^{ns}	0,854 ^{ns}	-0,065	0,310	0,016	0,21	-0,106	-0,42 ^{ns}	-0,052
1D	-31,3 ^{ns}	-0,034 ^{ns}	0,064	1,047	-0,017	2,03	0,162	-0,29 ^{ns}	-0,007
2A	41,7 ^{ns}	-1,066 ^{ns}	-0,045	0,201	-0,044	0,86	0,035	-5,67 ^{ns}	-0,067
2B	-86,9 ^{ns}	3,073 ^{ns}	0,065	0,047	-0,072	1,45	-0,083	-6,29 ^{ns}	-0,114
2C	131,4 ^{ns}	-1,424 ^{ns}	-0,141	0,148	-0,042	0,96	0,080	5,33 ^{ns}	-0,045
2D	-131,7 ^{ns}	1,437 ^{ns}	0,168	-0,114	-0,114	1,41	0,006	-8,54 ^{ns}	-0,020
3A	-288,0 ^{ns}	2,399 ^{ns}	0,087	0,322	-0,039	1,12	-0,014	-9,17 ^{ns}	0,052
3B	-98,8 ^{ns}	0,458 ^{ns}	0,027	0,328	-0,077	1,92	-0,101	17,21 ^{ns}	-0,005
3C	13,4 ^{ns}	-1,409 ^{ns}	-0,010	0,540	-0,027	1,24	0,259	23,83 ^{ns}	-0,086
3D	-27,9 ^{ns}	-0,828 ^{ns}	0,019	-0,453	0,031	-1,37	0,021	-25,04 ^{ns}	-0,041
4A	41,6 ^{ns}	-1,134 ^{ns}	0,039	0,020	0,011	-0,12	0,093	13,08 ^{ns}	-0,045
4B	137,7 ^{ns}	-0,966 ^{ns}	-0,051	-0,074	0,033	-0,84	0,012	-5,54 ^{ns}	-0,051
4C	-39,4 ^{ns}	0,097 ^{ns}	-0,007	0,267	0,093	-1,18	-0,044	-10,92 ^{ns}	0,028
4D	-184,0 ^{ns}	1,338 ^{ns}	-0,069	-0,325	-0,109	1,43	-0,069	-2,79 ^{ns}	-0,047

COR.A: parâmetro de coloração “a” (CIELAB); COR.B: relação entre os parâmetros de coloração “a” e “b” (CIELAB) ao quadrado; SST: sólidos solúveis totais; AT: acidez titulável; VISC: viscosidade; CGC: capacidade geral de combinação; CEC: capacidade específica de combinação; ns: não significativo pelo teste F.

As linhagens 2, 4 e A foram as únicas com efeito positivo de CGC para a característica sólidos solúveis totais (SST). Apenas a linhagem 4 foi promissora para o aumento do teor de SST e produtividade simultaneamente, o que era de se esperar, tendo em vista que muitos autores já relataram terem encontrado correlação negativa ou não significativa entre estas características (AZANZA et al., 1994; GRANDILLO; ZAMIR; TANKSLEY, 1999; PEDÓ et al., 2021; TANKSLEY; HEWITT, 1988). Os híbridos 2A e 4A, descendentes das linhagens mencionadas, podem ser utilizados para o aumento do teor de SST, pois apresentaram efeito positivo de CEC e ambos os genitores apresentaram efeito positivo de CGC. O híbrido 4A é o preferível, pois é descendente das linhagens com maiores efeitos de CGC em cada grupo.

O melhor híbrido para se aumentar a característica acidez titulável é o 3D, já que foi o único híbrido a apresentar efeito positivo de CEC e ambos os genitores com efeito positivo de CGC. No entanto, a média entre os 24 genótipos avaliados para acidez titulável foi de 0,37, e todos eles, com exceção da linhagem 1, apresentaram valores acima de 0,32, valor mínimo sugerido por Mencarelli & Saltveit Jr. (1988). Portanto, o acréscimo dessa característica não é prioritário, além disso, seu aumento ocasionaria na redução da relação SST/AT, afetando negativamente o sabor dos frutos.

A média entre os 24 genótipos avaliados para a relação SST/AT foi de 11,41, o que está acima de 10, valor mínimo sugerido por Mencarelli & Saltveit Jr. (1988). No entanto, um híbrido e três linhagens apresentaram valores inferiores a 10 (3D, 2, 3 e D), portanto o aumento da característica é interessante. O híbrido 1B é o melhor híbrido a ser utilizado para o aumento desta característica, tendo em vista que foi o único híbrido a apresentar efeito positivo de CEC e ambos os pais com efeitos positivos de CGC.

A única linhagem a apresentar efeito positivo de CGC para firmeza foi a linhagem A e seus descendentes híbridos 1A, 2A e 4A são adequados para o aumento dessa característica. Dentre estes, o híbrido 4A apresentou o maior efeito de CEC e deve ser priorizado para esta finalidade, uma vez que seus descendentes serão mais resistentes ao transporte e armazenamento em gôndolas, além de apresentarem melhorias sensoriais, como já discutido anteriormente (SIDDIQUI; AYALA-ZAVALA; DHUA, 2015). Não houve efeito significativo de CGC entre as linhagens do grupo 1, portanto não foram levadas em consideração.

A viscosidade foi representada pela velocidade de escoamento (medida em mm/s), portanto o interessante para o programa de melhoramento é que se reduza essa característica, de forma que se obtenha genótipos cuja polpa percorra menores distâncias por segundo, aumentando, assim, a viscosidade da polpa. As linhagens 1, 3 e B apresentaram efeitos negativos de CGC, portanto, quaisquer de seus descendentes podem ser utilizados para a redução da velocidade de

escoamento (aumentando a viscosidade), tendo em vista que não houve efeito significativo de CEC entre os híbridos. Os descendentes das linhagens 3 e B são preferíveis, pois apresentaram os maiores efeitos de CGC em cada grupo.

Todas as linhagens se apresentaram como promissoras para a redução da taxa de aborto, com exceção das linhagens 2 e D, que apresentaram efeito positivo de CGC. Os híbridos 1C, 3B, 3C, 4A e 4B são adequados para a redução desta característica, pois apresentaram efeitos de CEC negativos e não são descendentes das linhagens 2 e D. Dentre eles, o 3B, 3C e 4B são preferíveis por serem descendentes das linhagens com maiores efeitos negativos de CGC (3 e B), sendo o 3B o melhor deles, pois é descendente das duas melhores linhagens em cada grupo.

Uma análise mais ampla dos efeitos revela que o híbrido 4A é ideal para aumentar, simultaneamente, o peso por cacho, o teor de SST e a firmeza e reduzir o comprimento e largura da folha e a taxa de aborto; o 1A é ideal para aumentar a produtividade, o peso por cacho e a firmeza; o 1B é ideal para aumentar o teor de SST e o diâmetro de entrenó; e o 3B é ideal para aumento de produtividade e do diâmetro do entrenó.

Dos cinco híbridos que se apresentaram promissores para aumento de produtividade, três deles (3B, 3C e 4B) também foram promissores para a redução da taxa de aborto, indicando uma possível correlação negativa entre as duas características.

As características nº de frutos na 1ª haste, comprimento do entrenó, cor do fruto “a”, cor do fruto $(a/b)^2$ e viscosidade apresentaram efeito significativo para a CGC e não significativo para a CEC, o que indica que provavelmente são características controladas majoritariamente por genes de ação aditiva, com pouca influência de desvios de dominância ou epistasia. As demais características apresentaram efeitos significativos tanto para CGC quanto para CEC, indicando que tanto os efeitos aditivos quanto os desvios de dominância e epistasia foram importantes, o que é vantajoso para este trabalho, já que os genótipos gerados são híbridos, os quais expressam heterose, que está diretamente relacionada com os desvios de dominância.

A Tabela 5.5 apresenta o resumo da análise de variância com as estimativas dos quadrados médios para 19 características avaliadas em 25 genótipos, incluindo-se a testemunha, em DBC com três blocos. Com exceção de precocidade e cor do fruto $(a/b)^2$, os genótipos apresentaram diferenças significativas entre si, pelo teste F a 5% de probabilidade, para todas as características avaliadas, indicando que o desempenho dos genótipos foi diferente.

O resumo dos testes Scott-Knott e Dunnet, com as estimativas das médias em ordem decrescente para seis características avaliadas, está apresentado na Tabela 5.6. Não houve diferença significativa entre os genótipos para a característica nº de frutos na 1ª haste pelo teste

Scott-Knott. No entanto, 14 genótipos foram significativamente diferentes da testemunha pelo teste Dunnett.

Tabela 5.5 – Resumo da ANOVA com as estimativas dos quadrados médios para 19 características avaliadas em 25 genótipos em DBC, com 3 repetições

Fonte de variação	GL	Característica					
		Precocidade	Nº de frutos 1ª haste	Produtividade (t/ha)	Peso médio do fruto (g)	Nº de frutos por cacho	
Blocos	2	0,0436	0,0286	208,9	0,005	0,014	
Tratamentos	24	0,0023 ns	0,0343 **	863,3 **	0,096 **	0,049 **	
Resíduo	48	0,0016	0,0149	35,3	0,001	0,004	
Média		0,82	1,68	48,8	1,5	0,89	
CV		4,8	7,29	12,2	2,51	7,1	

Fonte de variação	GL	Característica				
		Peso por cacho (g)	Comprimento da folha (cm)	Largura da folha (cm)	Diâmetro do entrenó (mm)	Comprimento do entrenó (cm)
Blocos	2	0,026	2,9	0,12	1,8	6,4
Tratamentos	24	0,087 **	72,4 **	0,60 **	10,2 **	3,7 **
Resíduo	48	0,003	5,9	0,05	0,7	0,9
Média		2,41	35,2	5,56	11,5	8,1
CV		2,4	6,9	4,13	7,4	11,7

Fonte de variação	GL	Característica				
		Cor do fruto (a)	Cor do fruto (a/b) ²	pH	SST (°Brix)	Acidez titulável (%)
Blocos	2	313369,1	47,0	0,022	0,06	0,001
Tratamentos	24	101654,4 **	6,1 ns	0,026 **	1,62 **	0,037 **
Resíduo	48	39264,6	4,2	0,010	0,12	0,002
Média		838,6	2,0	4,510	5,68	0,52
CV		23,6	104,6	2,230	6,16	9,33

Fonte de variação	GL	Característica			
		SST/AT	Firmeza (kgf/cm ²)	Viscosidade (mm)	Taxa de aborto
Blocos	2	1,34	0,049	0,8	87,3
Tratamentos	24	13,02 **	0,052 **	19,9 **	490,8 **
Resíduo	48	1,21	0,017	4,6	31,1
Média		11,39	0,850	12,6	35,3
CV		9,64	15,250	17,1	15,8

SST: sólidos solúveis totais; AT: acidez titulável; GL: graus de liberdade, CV: coeficiente de variação; ns: não significativo, * e **: significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Tabela 5.6 – Resumo dos testes Scott-Knott e Dunnet com as estimativas das médias para seis características avaliadas em 25 genótipos em DBC, com 3 repetições

Gen.	Nº de frutos na 1ª haste	Gen.	PROD (t/ha)	Gen.	Peso médio por fruto (g)	Gen.	Nº de frutos por cacho	Gen.	Peso por cacho (g)	Gen.	COM.F (cm)
T →	log(x)			T →	log(x)	T →	log(x)	T →	log(x)		
Test.	1,99 a	3C	82,8 a *	C	1,68 a *	Test.	1,22 a	3C	2,63 a *	1B	44,0 a *
B	1,82 a	4B	69,4 b *	4D	1,66 a *	3	1,06 b	4B	2,57 a *	1C	42,3 a *
1	1,78 a	C	67,7 b *	4A	1,64 a *	1	1,04 b *	C	2,54 a *	B	41,7 a *
3C	1,75 a	4C	64,6 b *	A	1,62 b *	3C	1,00 c *	1C	2,53 a *	2C	40,4 a *
3	1,74 a	2C	62,9 b *	4B	1,62 b *	1C	0,99 c *	4C	2,53 a *	2B	40,1 a *
2B	1,73 a	1C	60,1 b *	3C	1,62 b *	3B	0,96 c *	2C	2,53 a *	1	39,8 a
3A	1,72 a	1A	59,4 b *	4C	1,59 b *	2C	0,95 c *	2B	2,51 b *	4B	38,3 b
1C	1,71 a	2B	58,1 b *	2A	1,59 b *	2B	0,95 c *	3B	2,50 b *	4C	37,6 b
4B	1,71 a	3B	55,3 c *	3A	1,59 b *	4B	0,95 c *	2A	2,49 b *	1A	37,6 b
3B	1,71 a	2A	55,1 c *	2C	1,57 b *	B	0,91 c *	1A	2,48 b *	3C	37,4 b
1B	1,70 a	3A	54,0 c *	1A	1,57 b *	4C	0,91 c *	4A	2,48 b *	3B	36,3 b
2A	1,68 a *	4A	53,5 c *	3D	1,56 c *	2A	0,90 c *	3A	2,47 b *	3A	36,0 b
1A	1,67 a *	3D	50,5 c *	1D	1,54 c *	3D	0,90 c *	3D	2,46 b *	C	35,0 c
2C	1,66 a *	A	50,2 c *	1C	1,54 c *	1A	0,90 c *	1D	2,45 b *	2A	34,4 c
3D	1,66 a *	4D	47,7 d	4	1,54 c *	1B	0,89 c *	4D	2,45 b *	Test.	33,9 c
1D	1,66 a *	B	47,3 d	2B	1,54 c *	3A	0,88 c *	A	2,43 b	1D	33,8 c
4C	1,65 a *	1B	44,5 d	3B	1,53 c *	1D	0,84 d *	B	2,43 b	2D	32,4 c
4A	1,65 a *	1	43,7 d	B	1,50 c *	C	0,83 d *	1B	2,37 c	4A	32,0 c
4	1,64 a *	4	42,3 d	D	1,50 c *	4A	0,83 d *	4	2,35 c	4D	31,7 c
A	1,63 a *	1D	42,2 d	1B	1,47 d *	A	0,80 d *	1	2,33 c	A	31,3 c
2D	1,58 a *	Test.	35,0 e	2D	1,44 d *	4	0,79 d *	Test.	2,30 c	3D	30,2 c
D	1,53 a *	2D	24,3 f	1	1,28 e *	2D	0,76 d *	2D	2,23 d	3	30,2 c
4D	1,52 a *	D	21,3 f	2	1,17 f *	4D	0,75 d *	3	2,12 e *	D	29,9 c
C	1,51 a *	3	18,4 f *	Test.	1,06 g	2	0,70 e *	D	2,10 e *	4	29,3 c
2	1,50 a *	2	10,6 g *	3	1,01 g	D	0,59 f *	2	1,88 f *	2	23,1 d *

Gen.: genótipos; Test.: testemunha (Mascot); T: transformação aplicada à variável original; PROD: produtividade; COM.F: comprimento da folha. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *: significativamente diferente da testemunha pelo teste Dunnet a 5% de probabilidade.

As produtividades de 14 genótipos foram significativamente superiores à testemunha pelo teste Dunnet. Destes, o híbrido 3C foi o mais produtivo, com uma produtividade de 82,8 t/ha, 136,6% superior à produtividade da testemunha, sendo o único genótipo classificado no grupo mais produtivo (grupo a) pelo teste Scott-Knott, diferenciando-se significativamente de todos os demais genótipos. O segundo grupo mais produtivo (grupo b) incluiu os híbridos 4B, 4C, 2C, 1C, 1A e 2B, todos significativamente diferentes da testemunha pelo teste Dunnet, os quais produziram de 58,1 a 69,4 t/ha, o equivalente a 66 e 98,3% superior à testemunha, respectivamente. Portanto, os híbridos mencionados são os mais promissores no quesito produtividade, uma característica de grande importância para o mercado.

Apenas a linhagem 3 não diferiu da testemunha, pelo teste Dunnet, em relação ao peso médio do fruto. Os genótipos foram classificados em sete grupos para esta característica pelo teste Scott-Knott, demonstrando a grande variabilidade genética de peso de fruto entre os genótipos avaliados. Dessa forma, pode-se escolher híbridos para as diferentes exigências de mercado dentro da população, levando-se em consideração as demais características.

Assim como na característica anterior, apenas a linhagem 3 não diferiu da testemunha, pelo teste Dunnet, em relação ao nº de frutos por cacho. Foram formados seis grupos para esta característica pelo teste Scott-Knott, indicando uma grande variabilidade genética entre os genótipos, assim como na característica anterior. Dentre os híbridos classificados no “grupo c”, o 1C, 3B e 3C podem ser selecionados para um mercado específico de tomate cereja em que os frutos são comercializados ainda fixados ao cacho, pois foram classificados como cereja, apresentaram um grande número de frutos por cacho, hábito de crescimento indeterminado, poucas ramificações por cacho (1 ou 2), conferindo um visual do cacho atrativo ao consumidor, e resistência a diversas doenças, com 9, 8 e 9 genes de resistência (Tabela 4.2 e 5.1).

O peso por cacho é uma consequência direta das duas características anteriores. Apenas seis genótipos, dentre eles dois híbridos (1B e 2D), não diferiram significativamente da testemunha, pelo teste Dunnet, em relação a esta característica. Assim como nas duas características anteriores, houve uma grande variabilidade genética, em que os genótipos foram classificados em seis grupos pelo teste Scott-Knott. Os híbridos 3C, 4B, 1C, 4C e 2C foram classificados no grupo de maior peso por cacho. É interessante notar que os híbridos 1C e 3C foram selecionados no parágrafo anterior e ainda apresentaram um alto peso por cacho, reforçando a sua adequação para lançamento comercial.

Nenhum híbrido apresentou comprimento e largura (Tabela 5.7) da folha significativamente menores que a testemunha, pelo teste Dunnet. Os genótipos foram classificados em quatro grupos, pelo teste Scott-Knott, para ambas as características. Os híbridos 2A, 1D, 2D, 4A, 4D e 3D foram os que apresentaram menor comprimento de folha, classificados no “grupo c”. O híbrido 4A foi o que apresentou a menor largura de folha, sendo o único híbrido classificado no grupo de menor largura (grupo d). Os híbridos 3B, 4D, 3A, 2D, 1D, 2A e 3D foram classificados no “grupo c”, também apresentando largura de folha reduzida. Os híbridos 2A, 1D, 2D, 4A, 4D e 3D ficaram classificados nos grupos de menores tamanhos tanto para comprimento quanto para largura da folha, portanto seria interessante testá-los em diferentes espaçamentos para avaliar a hipótese de aumento da produtividade com o aumento do adensamento de plantio. Dentre eles, o 2A, 4A, 4D e 3D são os mais promissores por serem os mais produtivos, entre 47,7 e 55,1 t/ha, sendo o 4A o de menor largura de folha.

Tabela 5.7 – Resumo dos testes Scott-Knott e Dunnet com as estimativas das médias para seis características avaliadas em 25 genótipos em DBC, com 3 repetições

Gen.	LAR.F (cm)	Gen.	DIA.E (mm)	Gen.	COM.E (cm)	Gen.	COR.A (a)	Gen.	pH da polpa	Gen.	SST (°Brix)
T →	\sqrt{x}					T →	x^2				
2B	6,43 a *	2C	13,6 a	2	10,8 a *	3	1362,8 a *	2D	4,72 a *	Test.	7,13 a
1C	6,35 a *	1B	13,6 a	2D	9,94 a *	D	1131,7 a	2B	4,62 a *	4	6,90 a
1B	6,19 a *	4C	13,4 a	3	9,67 a *	3D	1025,2 a	C	4,60 a *	4A	6,47 b
B	6,02 b *	1A	13,2 a	3B	8,95 b	4B	1009,4 a	1D	4,60 a *	2A	6,40 b
3C	5,96 b *	1C	13,1 a	D	8,89 b	1B	1009,0 a	4A	4,59 a *	4C	6,27 b
2C	5,90 b *	1	13,1 a	3D	8,83 b	3B	971,60 a	4	4,57 a *	2	6,20 c *
4B	5,86 b *	C	12,9 a	3A	8,72 b	B	921,67 a	3A	4,56 a *	3A	6,10 c *
C	5,85 b *	B	12,8 a	2A	8,44 b	A	882,93 a	2	4,55 a	4B	6,00 c *
4C	5,79 b *	3C	12,8 a	A	8,33 b	3C	867,37 a	1	4,55 a	1D	5,93 c *
1	5,73 b *	2B	12,7 a	1B	8,33 b	Test.	859,50 a	1A	4,55 a	2C	5,90 c *
1A	5,65 b	4B	12,6 a	B	8,28 b	2	849,13 a	A	4,54 a	3C	5,87 c *
3B	5,58 c	2A	12,4 a	1D	8,17 b	2A	837,40 a	1B	4,53 a	2B	5,87 c *
4D	5,51 c	Test.	12,0 b	2C	8,11 b	2C	817,53 a	2A	4,53 a	3B	5,73 c *
3A	5,48 c	4	11,3 b	2B	8,06 b	2B	815,70 a	B	4,52 a	A	5,67 c *
2D	5,46 c	1D	11,3 b	4D	8,00 b	4A	806,47 a	4C	4,50 b	1A	5,67 c *
1D	5,46 c	4A	11,3 b	4B	7,83 c	1D	798,27 a	4B	4,48 b	4D	5,57 c *
2A	5,36 c	A	11,0 b	1A	7,78 c	4	786,70 a	3B	4,48 b	2D	5,53 c *
D	5,28 c	4D	10,9 b	4A	7,72 c	2D	753,67 a	3D	4,47 b	1B	5,37 d *
3	5,26 c	3A	10,8 b	4	7,39 c	1A	708,70 a	4D	4,46 b	1C	5,30 d *
3D	5,22 c	3B	10,1 c	3C	7,39 c	3A	675,57 a	1C	4,45 b	3	5,13 d *
4A	5,09 d	3D	9,86 c *	1C	7,11 c	4D	670,47 a	D	4,44 b	B	5,00 d *
Test.	5,09 d	D	9,04 c *	Test.	6,67 c	1C	657,20 a	3C	4,42 b	D	4,87 d *
A	4,97 d	2D	8,98 c *	C	6,50 c	1	651,50 a	2C	4,39 b	3D	4,77 d *
4	4,87 d	2	7,65 d *	4C	6,22 c	4C	615,87 a	Test.	4,31 b	C	4,53 e *
2	4,74 d	3	7,15 d *	1	6,22 c	C	479,67 a	3	4,31 b	1	3,87 f *

Gen.: genótipos; Test.: testemunha (Mascot); T: transformação aplicada à variável original; LAR.F: largura da folha; DIA.E: diâmetro do entrenó; COM.E: comprimento do entrenó; COR.A: parâmetro de coloração “a” (CIELAB); SST: sólidos solúveis totais. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *: significativamente diferente da testemunha pelo teste Dunnet a 5% de probabilidade.

A Tabela 5.7 acima é uma continuação da tabela anterior (Tabela 5.6) para mais seis características avaliadas. Nenhum genótipo apresentou diâmetro do entrenó significativamente maior, pelo teste Dunnet, que a testemunha. Os genótipos foram classificados em quatro grupos para esta característica pelo teste Scott-Knott e nove híbridos foram classificados no grupo de maior diâmetro (2C, 1B, 4C, 1A, 1C, 3C, 2B, 4B e 2A). Nenhum genótipo apresentou comprimento do entrenó significativamente menor, pelo teste Dunnet, que a testemunha. Três grupos foram estabelecidos, pelo teste Scott-Knott, para esta característica e seis híbridos pertenceram ao grupo de menor comprimento (4B, 1A, 4A, 3C, 1C e 4C), os quais poderiam ser testados em novo experimento com maior quantidade de cachos por haste, para avaliar a

hipótese de aumento da produtividade. Destes, os mais promissores seriam o 4B e o 4C, por terem apresentado altas produtividades (69,4 e 64,6 t/ha, respectivamente), próximas à média nacional de 2021 (69,9 t/ha).

Nenhum híbrido apresentou coloração significativamente diferente da testemunha pelo teste Dunnet e não houve diferença significativa entre os genótipos pelo teste Scott-Knott. Apesar do teste F ter detectado diferença significativa para esta característica, os testes de comparações múltiplas não detectaram, portanto, essa característica não deve ser levada em consideração para a seleção de híbridos para lançamento comercial.

Os genótipos foram classificados em dois grupos significativamente diferentes, pelo teste Scott-Knott, para a característica pH. Oito híbridos (4C, 4B, 3B, 3D, 4D, 1C, 3C e 2C) foram classificados no grupo de menor pH (grupo b) e todos apresentaram pH inferior a 4,5, ideal para o processamento industrial, segundo a revisão feita por Siddiqui, Ayala-Zavala e Dhua (2015), no entanto, apenas o híbrido 3D possui hábito de crescimento determinado, o qual é o ideal para a colheita mecanizada dos cultivares para processamento industrial. Nenhum desses oito híbridos se diferiu significativamente da testemunha pelo teste Dunnet.

Nenhum híbrido apresentou teor de sólidos solúveis totais (SST) significativamente maior que a testemunha. Os genótipos foram classificados em seis grupos, pelo teste Scott-Knott, e apenas a linhagem 4 foi classificada no grupo de maior SST, juntamente com a testemunha. Os híbridos 4A, 2A e 4C foram classificados no segundo grupo de maior SST e não foram significativamente diferentes da testemunha pelo teste Dunnet, portanto são bons híbridos em relação a esta característica, apresentando teores de SST entre 6,27 e 6,47 °Brix, apenas 12,06 e 9,25% inferiores à testemunha, respectivamente. Dentre eles, o 4C é o mais promissor por apresentar uma elevada produtividade (64,6 t/ha), apenas 7,6% inferior à média nacional de 2021 (6,9 t/ha), mas com alto teor de SST, o que é altamente atrativo ao consumidor.

A Tabela 5.8 na página seguinte é uma continuação das duas tabelas anteriores e apresenta as estimativas das médias para as cinco características restantes. Apenas a linhagem 1 apresentou acidez titulável abaixo de 0,32%, mínimo recomendado por Mencarelli & Saltveit Jr. (1988), todos os outros genótipos foram superiores a 0,37%. Dessa forma, não é interessante que se selecione genótipos com alta acidez titulável além de 0,37%, uma vez que irá reduzir a razão SST/AT, a qual não deve ser inferior a 10 de acordo com Mencarelli & Saltveit Jr. (1988). Três grupos foram estabelecidos pelo teste Scott-Knott para a razão SST/AT e nove híbridos (1B, 1D, 4A, 2A, 2B, 3B, 3A, 1C e 1A) foram classificados no grupo de maior razão, indicando que possuem um sabor agradável. Apenas o 1B foi significativamente maior que a testemunha, pelo teste Dunnet, apresentando a razão de 14,6, sendo 31,5% superior à testemunha.

Tabela 5.8 – Resumo dos testes Scott-Knott e Dunnet com as estimativas das médias para seis características avaliadas em 25 genótipos em DBC, com 3 repetições

Gen.	Acidez titulável (%)	Gen.	SST/AT	Gen.	Firmeza (kgf/cm ²)	Gen.	Viscosidade (mm/s)	Gen.	Taxa de aborto (%)
				T →	log(x)				
2	0,79 a *	1B	14,6 a *	4A	1,09 a *	D	17,0 a	2	68,7 a *
D	0,70 b	A	14,0 a *	3C	1,03 a *	2	15,9 a	D	66,7 a *
3	0,70 b	1D	13,3 a	2A	0,98 a *	4A	15,7 a	2D	56,9 b *
3D	0,65 b	4A	13,1 a	1A	0,98 a *	2C	15,7 a	4D	42,8 c *
Test.	0,65 b	2A	13,0 a	1D	0,96 a	A	14,8 a	1D	42,8 c *
4C	0,61 b	2B	12,8 a	A	0,96 a	2A	14,7 a	4	39,8 c *
4	0,55 c	1	12,8 a	3A	0,95 a	C	14,3 a	3D	38,9 c *
3C	0,53 c	3B	12,6 a	4	0,94 a	2D	14,3 a	2C	38,1 c *
4B	0,52 c *	3A	12,6 a	B	0,91 a	4D	14,0 a	C	35,7 c *
2C	0,52 c *	4	12,6 a	4B	0,90 a	3C	14,0 a	2A	35,6 c *
2D	0,51 c *	1C	12,5 a	3D	0,88 a	4	13,7 a	4C	34,3 c *
4A	0,50 c *	1A	12,4 a	2D	0,85 b	1A	13,3 a	B	33,7 c *
2A	0,49 c *	4D	11,9 b	1B	0,84 b	4C	13,2 a	1B	32,2 c
3A	0,49 c *	4B	11,5 b	2C	0,83 b	Test.	12,2 b	3A	31,9 c
B	0,47 c *	2C	11,4 b	2	0,82 b	2B	12,0 b	A	31,2 c
4D	0,47 c *	Test.	11,1 b	4D	0,82 b	1D	11,8 b	2B	31,1 c
2B	0,46 c *	3C	11,0 b	3	0,80 b	1C	11,8 b	3	29,1 d
1A	0,46 c *	2D	10,9 b	D	0,78 b	4B	11,2 b	1A	28,7 d
3B	0,45 c *	B	10,6 b	3B	0,76 b	3B	10,8 b	4A	26,7 d
C	0,45 c *	4C	10,3 b	2B	0,76 b	3A	10,8 b	4B	26,2 d
1D	0,45 c *	C	10,1 b	4C	0,76 b	1B	10,0 b	1	26,0 d
1C	0,42 d *	2	7,87 c *	1	0,67 b	B	9,50 b	3B	25,8 d
A	0,41 d *	3D	7,43 c *	Test.	0,65 b	3D	9,07 b	1C	22,4 d
1B	0,37 d *	3	7,40 c *	1C	0,61 b	3	7,67 b	Test.	18,9 d
1	0,30 e *	D	7,00 c *	C	0,57 b	1	7,50 b	3C	18,3 d

Gen.: genótipos; Test.: testemunha (Mascot); T: transformação aplicada à variável original; AT: acidez titulável; SST: sólidos solúveis totais. Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. *: significativamente diferente da testemunha pelo teste Dunnet a 5% de probabilidade.

Os genótipos foram classificados em apenas dois grupos, pelo teste Scott-Knott, para a característica firmeza. Quatro híbridos (4A, 3C, 2A e 1A) apresentaram firmeza significativamente superior à testemunha, pelo teste Dunnet, todos eles pertencentes ao grupo de maior firmeza pelo teste Scott-Knott. Estes são, portanto, híbridos promissores quanto a esta característica, apresentando alta resistência ao transporte, boa textura e crocância, características atrativas aos consumidores.

Nenhum híbrido diferiu significativamente da testemunha, pelo teste Dunnet, em relação à viscosidade e foram formados dois grupos pelo teste Scott-Knott. Oito híbridos (2B, 1D, 1C, 4B, 3B, 3A, 1B e 3D) foram classificados no grupo que apresentou as menores velocidades de

escoamentos (mm/s), juntamente com a testemunha, podendo ser híbridos interessantes para o processamento industrial, devido à alta viscosidade. No entanto, assim como para a característica pH, apenas o híbrido 3D possui hábito de crescimento determinado, além de possuir o pH recomendado para o processamento industrial ($\text{pH} < 4,5$).

Nenhum híbrido apresentou taxa de aborto significativamente inferior à testemunha, pelo teste Dunnet. Os genótipos foram classificados em quatro grupos, pelo teste Scott-Knott, e seis híbridos (1A, 4A, 4B, 3B, 1C e 3C) foram classificados no grupo de menor taxa de aborto (grupo d), juntamente com a testemunha. No entanto, a consideração dessa característica para a seleção de genótipos para lançamento comercial não é de grande importância, uma vez que a produtividade já foi avaliada descontando-se os frutos abortados.

Tabela 5.9 – Médias dos três blocos para nove características avaliadas em 25 genótipos

Genótipo	Nº de folhas antes do 1º cacho	Nº de frutos na 1º haste	Peso médio do fruto (g)	Nº de frutos por cacho	Peso por cacho (g)	Largura da folha (cm)	Cor do fruto (a)	Cor do fruto (a/b) ²	Firmeza (kgf/cm ²)
1A	6	47	37,45	8	306,6	31,9	26,5	1,03	9,73
1B	7	51	29,5	8	234,4	38,4	31,8	0,66	7,12
1C	7	52	34,75	10	343	40,4	25,2	1,24	4,11
1D	7	46	35,4	7	283,3	29,8	27,1	1,07	10,08
2A	7	48	38,78	8	312,9	28,7	28,9	0,52	9,95
2B	6	54	34,45	9	323,7	41,4	28,5	1,96	6,03
2C	7	47	37,49	9	336,8	34,8	28,5	0,55	7,06
2D	6	39	27,74	6	170,6	29,8	26,9	1,54	7,07
3A	7	53	38,79	8	292,3	30	25,9	1,72	10,02
3B	6	51	33,77	9	318,9	31,1	31	1,28	5,79
3C	6	57	41,69	10	432,4	35,6	29,4	0,54	10,94
3D	6	47	37,52	8	291,1	27,4	32	0,7	7,72
4A	7	45	43,88	7	303,9	25,9	28	1,06	12,93
4B	7	51	41,91	9	368,2	34,3	31,5	1,26	8,67
4C	7	46	39,28	8	333,9	33,6	24,6	1,64	5,84
4D	6	33	45,98	6	281,4	30,4	25,6	1,81	6,59
1	7	63	19,16	11	215,8	32,8	25,1	0,98	4,73
2	7	33	14,75	5	77,9	22,5	29,1	0,51	6,72
3	6	57	10,2	12	131,1	27,7	36,9	0,95	6,3
4	7	44	34,42	6	224,1	23,8	28	1,88	8,93
A	7	43	41,46	6	271,7	24,8	29,6	0,95	10,26
B	7	76	31,84	8	272,4	36,3	30	1,06	8,86
C	8	33	48,51	7	345,8	34,2	21,8	1,75	3,75
D	7	39	31,86	4	126,7	27,9	33,7	0,68	6,09
Mascot	6	101	11,58	17	204,3	25,9	29,3	1,5	4,53

A Tabela 5.9, na página anterior, apresenta as médias dos dados originais para as características cujos testes de comparações múltiplas foram realizados com os dados transformados.

Através de uma análise mais abrangente do desempenho dos híbridos, levando-se em consideração as características de maior importância para o mercado de tomate de mesa, simultaneamente, percebe-se que os híbridos 4A e 2A estão classificados nos grupos de maior SST, SST/AT e firmeza, superando a testemunha nestes dois últimos. No entanto, deixam um pouco a desejar quanto à produtividade, com 53,5 e 55,1 t/ha, respectivamente. Apesar disso, ambos se classificaram entre os genótipos de menor comprimento de folha, e o híbrido 4A ficou entre os de menores larguras de folhas e comprimento de entrenó, o que torna viável testá-los em maiores adensamentos de plantio e, para o 4A, um maior número de cachos por planta para verificar se haverá aumento de produtividade. Além disso, apresentaram boa resistência a doenças, com 9 e 8 genes de resistência, respectivamente, portanto são híbridos possivelmente promissores para o mercado de tomate de mesa.

Os híbridos 3C, 4B e 1A obtiveram altas produtividades, alta firmeza e comprimento de entrenó reduzido, estando classificados nos melhores grupos para estas características. O 1A possui alta razão SST/AT (12,4), e dentre eles o 3C foi o mais produtivo (82,8 t/ha). No entanto, deixaram um pouco a desejar quanto ao teor de SST (entre 5,67 e 6,00 °Brix). Apesar disso, podem ser híbridos promissores e também podem ser testados com um maior número de cachos por planta para avaliar a alteração na produtividade. Além disso, o 3C e o 1A possuem grande quantidade de genes de resistência avaliados, com 9 e 8 genes, respectivamente, e o 4B possui apenas 6 genes, deixando um pouco a desejar nesse quesito.

Os híbridos 4C, 2B e 1C estão entre os mais produtivos (entre 58,1 e 64,6 t/ha), com o 2B e 1C apresentando alta razão SST/AT (12,8 e 12,5, respectivamente) e o 4C alto teor de SST (6,27 °Brix), com razão SST/AT superior a 10. Estes também podem ser híbridos promissores e o 4C e 1C ainda podem ser testados com um maior número de cachos por planta, por terem apresentado reduzido comprimento de entrenó. Todos eles apresentaram grande quantidade de genes de resistência, com 8 genes no híbrido 4C, 9 no 1C e 7 no 2B.

6. CONCLUSÕES

Foram obtidos híbridos de tomateiro com alta produtividade, alta qualidade de frutos e com alto número de genes de resistência às principais doenças do tomateiro.

Dentre os híbridos obtidos, foi possível selecionar os quatro melhores híbridos para a utilização em programas de melhoramento de tomateiro, por apresentaram alta resistência a doenças, alta CEC e genitores com alta CGC para as características de interesse, sendo capazes de causar melhorias nestas características quando utilizados nos cruzamentos em programas de melhoramento. Os híbridos selecionados foram 4A, 1A, 1B e 3B, sendo o 4A o mais promissor, por ser capaz de melhorar o peso por cacho, o teor SST, a firmeza, o comprimento e a largura das folhas e a taxa de aborto, simultaneamente.

Quatro híbridos foram selecionados como promissores para lançamento comercial, devido a suas altas produtividades e qualidade de frutos, e por serem resistentes às principais doenças do tomateiro. Os híbridos selecionados foram o 4A, 2A, 3C e 4C, mas estes devem ser avaliados em mais ambientes para confirmar a superioridade de seus desempenhos, uma vez que muitas das características avaliadas são altamente influenciadas pelas condições ambientais.

REFERÊNCIAS

- ABCSEM. **2º Levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil**. Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. Holambra – SP, 2014.
- ACCIARRI, N. et al. Molecular markers for *Ve1* and *Ve2* *Verticillium* resistance genes from Italian tomato germplasm. **Plant Breeding**, v. 126, n. 6, p. 617–621, 10 dez. 2007.
- ALMEIDA VS; SILVA DJH; GOMES CN; ANTONIO AC; MOURA AD; LIMA ALR. 2015. Sistema Viçosa para o cultivo de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 74–79, mar. 2015.
- ALSADON, A. A. et al. Tomato under salinity stress: correlation between growth and yield components and responsive genes. **Acta Horticulturae**, n. 1081, p. 111–119, abr. 2015.
- ALVARENGA, M. A. R. Origem, Botânica e Descrição da Planta. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013 [2004].
- ALVARENGA, M. A. R.; COELHO, F. S. Valor nutricional. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013 [2004].
- ALVES, S. M. F; FERNANDES, P. M., MARIN, J. O. B. Condições de trabalho associadas ao uso de agrotóxicos na cultura de tomate de mesa em Goiás. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1737-1742, nov./dez., 2008
- ANDREUCCETTI, Caroline et al. Caracterização da comercialização de tomate de mesa na CEAGESP: perfil dos atacadistas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 324-328, 2005.
- ANVISA. **Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos – PARA**. Brasília, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/relatorios-do-programa>> Acesso em 20 de janeiro de 2024.
- ARAÚJO A. C. P.; NOGUEIRA D. P.; AUGUSTO L. G. S. Impacto dos praguicidas na saúde: estudo da cultura de tomate. **Revista de Saúde Pública**. v. 34, n. 3, p. 309-13, 2000 www.fsp.usp.br/rsp
- AZANZA, F. et al. Characterization of the effect of introgressed segments of chromosome 7 and 10 from *Lycopersicon chmielewskii* on tomato soluble solids, pH, and yield. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 87, n. 8, p. 965–972, mar. 1994.
- BASSO, C.; SIQUEIRA, A. C. F.; RICHARDS, N. S. P. DOS S. Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e43110817529, 15 jul. 2021.

BEECHER, G. R. Nutrient content of tomatoes and tomato products. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 218, n. 2, p. 98-100, 1998.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2021.

CABRAL, C. S. et al. First detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* across major tomato-producing regions in Brazil. **Phytoparasitica**, v. 48, n. 4, p. 545–553, 22 set. 2020.

CARVALHO, W. et al. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 819–825, jul. 2005.

CAVARIANI, C. et al. Métodos de remoção da mucilagem e qualidade fisiológica de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). **Scientia Agricola**, v. 51, n. 1, p. 43–46, abr. 1994.

CHARCHAR, J. M.; ARAGÃO, F. A. S. Reprodução de *Meloidogyne* spp. em cultivares de tomate e pepino sob estufa plástica e campo. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 243-249, 2005.

CHEEMA, D. S.; DHALIWAL, M. S. Hybrid Tomato Breeding. **Journal of New Seeds**, v. 6, n. 2–3, p. 1–14, 1 jul. 2004.

CQH/CEAGESP. Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura. Normas de Classificação do Tomate. **Centro de Qualidade em Horticultura**. CQH/CEAGESP. 2003. São Paulo (CQH. Documentos, 26). Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/tomate.pdf>> Acesso em 15 de janeiro de 2024.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

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

DEVTRAN, Z. et al. Identifying molecular markers suitable for *Frl* selection in tomato breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 131, n. 10, p. 2099–2105, 7 out. 2018.

DO CARMO, D. A. et al. Environmental behavior and toxicity of herbicides atrazine and simazine. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 8, n. 1, 30 abr. 2013.

EMATER-DF. Custos de produção. Cultura: Tomate (Campo). Brasília: EMATER-DF, 2023. Disponível em: <https://emater.df.gov.br/valida_documento/?f=SehvhllOg8RXCW5EW0koB1kLDAYEKubupT8Bj%2Bnrm8Pg0tyDeY3Nsrno5RKUj7dpVz2aUBHMu65s9GYB%2BILPD%2BvdkyIS4BXxmlx8%2Fxx0vWE4%2F%2F4Tz6zoeKy9gSs2HPPdylnT> Acesso em 19 de janeiro de 2024.

EMBRAPA. **A cultura do tomateiro (para mesa)**. Brasília: EMBRAPA/CNPH, 89p. 1993. (Instruções Técnicas do CNP Hortalíças 11).

FAO. 2022. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>> acesso em: 30 de janeiro de 2024.

FILHO, S. R. J.; MARIN, J. O. B.; FERNANDES, P. M. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianópolis, Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 307–316, 2009.

FOOLAD, M. R.; PANTHEE, D. R. Marker-Assisted Selection in Tomato Breeding. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 31, n. 2, p. 93–123, mar. 2012.

FU, D. et al. Utilization of crop heterosis: a review. **Euphytica**, v. 197, n. 2, p. 161–173, 22 maio 2014.

FUMES, Leandro Augusto Andrade. Obtenção e avaliação de híbridos de tomateiros com gene de nanismo visando o processamento industrial dos frutos. 2020. 67 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020.

GERALDI, I. O.; MIRANDA FILHO, J. D. Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética = Brazilian Journal of Genetics**, v. 11, n. 2, p. 419- 30, 1988.

GÓMEZ, P. et al. Genetic resistance for the sustainable control of plant virus diseases: breeding, mechanisms and durability. **European Journal of Plant Pathology**, v. 125, n. 1, p. 1–22, 9 set. 2009.

GONZALEZ-CENDALES, Y. et al. Identification of *I*-7 expands the repertoire of genes for resistance to *F* usarium wilt in tomato to three resistance gene classes. **Molecular Plant Pathology**, v. 17, n. 3, p. 448–463, 18 abr. 2016.

GRANDILLO, S.; ZAMIR, D.; TANKSLEY, S. D. Genetic improvement of processing tomatoes: A 20 years perspective. **Euphytica**, v. 110, n. 2, p. 85–97, 1999.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v.9, p.463-493, 1956.

GUIMARÃES, M. DE A. et al. Produção e sabor dos frutos de tomateiro submetidos a poda apical e de cachos florais. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 265–269, jun. 2007.

H. EL-SAPPAH, A. et al. Natural resistance of tomato plants to Tomato yellow leaf curl virus. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, 19 dez. 2022.

HAK, H.; SPIEGELMAN, Z. The Tomato Brown Rugose Fruit Virus Movement Protein Overcomes *Tm-2²* Resistance in Tomato While Attenuating Viral Transport. **Molecular Plant-Microbe Interactions®**, v. 34, n. 9, p. 1024–1032, set. 2021.

HUSAINI, A. M.; SAKINA, A.; CAMBAY, S. R. Host–Pathogen Interaction in *Fusarium oxysporum* Infections: Where Do We Stand? **Molecular Plant-Microbe Interactions®**, v. 31, n. 9, p. 889–898, set. 2018.

IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares - POF 2017-2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101742.pdf>> Acesso em 15 de janeiro de 2024.

IBGE. Produção de tomate. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>> Acesso em 10 de fevereiro de 2024.

INOUE-NAGATA, A. K.; LIMA, M. F. Doenças causadas por vírus. In: LOPES, C. A. **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021 [1994].

IPGRI. **Descriptors for tomato** (*Lycopersicon* spp.). Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 56p.

JABNOUN-KHIAREDDINE, Hayfa et al. Biological control of tomato Verticillium wilt by using indigenous *Trichoderma* spp. **The African Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 26-36, 2009.

KEMBLE, J. M. et al. Spacing, Root Cell Volume, and Age Affect Production and Economics of Compact-growth-habit Tomatoes. **HortScience**, v. 29, n. 12, p. 1460–1464, dez. 1994.

LEE, T. G.; HUTTON, S. F.; SHEKASTEBAND, R. Fine Mapping of the brachytic Locus on the Tomato Genome. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 143, n. 4, p. 239–247, jul. 2018.

LEVY, D.; LAPIDOT, M. Effect of plant age at inoculation on expression of genetic resistance to tomato yellow leaf curl virus. **Archives of Virology**, v. 153, n. 1, p. 171–179, 15 jan. 2008.

LIM, G. T. T. et al. Mapping the *I-3* gene for resistance to Fusarium wilt in tomato: application of an *I-3* marker in tomato improvement and progress towards the cloning of *I-3*. **Australasian Plant Pathology**, v. 35, n. 6, p. 671, 2006.

LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005.

LOPES, U. P.; COSTA, H. Manejo de doenças. In: NICK, C.; SILVA, D. J. H.; BORÉM, A. **Tomate do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, p. 141 - 161, 2018.

LUZ, J. M. et al. Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 483–490, dez. 2016.

MAPA. Ministério Da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Pragas quarentenárias ausentes – PQA**. Anexo da Portaria SDA/MAPA no 617, de 12 de julho de 2022 D.O.U no 130, Seção 1, pgs. 9-13, 12/7/2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/sanidade-vegetal/analise-de-riscos-de-pragas-arquivos/copy_of_PRAGASQUARENTENRIASAUSENTES_SITEMAPA_25.7.2022.pdf>

Acesso em 19 de janeiro de 2024.

MATSUURA, S.; ISHIKURA, S. Suppression of *Tomato mosaic virus* disease in tomato plants by deep ultraviolet irradiation using light-emitting diodes. **Letters in Applied Microbiology**, v. 59, n. 5, p. 457–463, 1 nov. 2014.

MATTEDI, A. P. et al. Qualidade dos frutos de genótipos de tomateiro do banco de germoplasma de hortaliças da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Ceres**, v. 58, n. 4, p. 525–530, ago. 2011.

MELO, P. C. T. DE; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 154–157, mar. 2005.

MENCARELLI, F.; SALTVEIT, M. E. Ripening of Mature-green Tomato Fruit Slices. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 113, n. 5, p. 742–745, set. 1988.

MIGUEL, E. DA S. et al. Histórico do monitoramento e resultados de pesquisas derivadas do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA): uma Revisão Integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e441111033096, 7 ago. 2022.

NAGATA, A. K. I. Doenças viróticas. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013 [2004].

NICK, C.; SILVA D. J. H. Melhoramento de Tomate. In: NICK, C.; BORÉM, A. **Melhoramento de Hortaliças**. Editora UFV, p. 396 - 431, 2016.

ORTIZ et al. Dedication: Norman E. Borlaug The humanitarian plant scientist who changed the world. **Plant Breeding Reviews**, p. 1-37, 2007.

OZBAY, Nusret; NEWMAN, Steven E. Fusarium crown and root rot of tomato and control methods. **Plant Pathol. J**, v. 3, n. 1, p. 9-18, 2004.

PADILLA-HURTADO, B. et al. Evaluation of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) population density for disease resistance screening of tomato germplasm carrying the gene Mi-1. **Chilean journal of agricultural research**, v. 82, n. 1, p. 157–166, mar. 2022.

PANNO, S. et al. A Review of the Most Common and Economically Important Diseases That Undermine the Cultivation of Tomato Crop in the Mediterranean Basin. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. 2188, 29 out. 2021.

PANTHEE, D. R. et al. Novel molecular marker associated with *scp>T</scp> m2^a* gene conferring resistance to tomato mosaic virus in tomato. **Plant Breeding**, v. 132, n. 4, p. 413–416, 29 ago. 2013.

PANTHEE, D.; CHEN, F. Genomics of Fungal Disease Resistance in Tomato. **Current Genomics**, v. 11, n. 1, p. 30–39, 1 mar. 2010.

PEDÓ, T. et al. Correlação entre caracteres fisiológicos e agronômicos para tomateiro. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 120, n. 1, p. 068, 14 jun. 2021

PELIS, F. M.; RONA, M. S. S.; MATIOLI, G. O licopeno e suas contribuições na prevenção de doenças. **Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar**, v. 11, n. 3, p. 5-11, 2007.

PEREIRA, L. H. et al. Efeitos do uso de pesticidas nas abelhas: revisão sistemática em bases de dados científicas. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 32821–32833, 2019.

PESSOA, V. G. et al. Genes de interesse ligados à resistência biótica na cultura do tomateiro: uma revisão. **Revista Ambientale**, v. 14, n. 3, p. 14–42, 17 out. 2022.

PINHEIRO, J. B.; LOPES, C. A. Doenças causadas por nematoides. In: LOPES, C. A. **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021 [1994].

PONTELO, Igor Oliveira. Piramidação de genes para resistência a doenças em tomateiro para processamento industrial com fenótipo braquítico. 2020. 73 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2020.

QI, S. et al. Natural Resources Resistance to Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) in Tomato (*Solanum lycopersicum*). **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 20, p. 10978, 12 out. 2021.

RANGEL, C. F., ROSA, A. C. S., SARCINELLI, P. N. Uso de agrotóxicos e suas implicações na exposição ocupacional e contaminação ambiental. **Cad. Saúde Colet.**, 2011, Rio de Janeiro, 19 (4): 435-42

RAY, D. K. et al. Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. **PLoS ONE**, v. 8, n. 6, p. e66428, 19 jun. 2013.

REBELO, R. M.; CALDAS, E. D. Environmental risk assessment of aquatic systems affected by pesticide use. **Química Nova**, 2014.

REIS, A.; LOURENÇO JR., V.; LOPES, C. A. Doenças causadas por fungos e oomicetos. In: LOPES, C. A. **Doenças do tomateiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021 [1994].

RIBEIRO, A.C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º Aproximação**. Comissão de Fertilidade do solo do estado de Minas Gerais, 1999.

SARLIKIOTI, V. et al. How plant architecture affects light absorption and photosynthesis in tomato: towards an ideotype for plant architecture using a functional–structural plant model. **Annals of Botany**, v. 108, n. 6, p. 1065–1073, out. 2011.

SCHWARZ, D.; KLÄRING, H.-P. Allometry to estimate leaf area of tomato. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1291–1309, 31 jul. 2001.

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**, v. 55, n. 13, p. 1819–1835, 10 nov. 2015.

SILVA, L. DE B.; SCHIMDT, F.; SANTOS, A. DA M. Ciência ambiental: reflexões sobre o monitoramento de resíduos de agrotóxicos em águas potável, superficial e subterrânea. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 26, n. 2, p. 193–200, abr. 2021.

SIMKO, I. et al. Genomics and Marker-Assisted Improvement of Vegetable Crops. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 40, n. 4, p. 303–365, 4 jul. 2021.

SIQUEIRA, S. L. DE; KRUSE, M. H. L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 42, n. 3, p. 584–590, set. 2008.

STRASSER, M.; PFITZNER, A. J. P. The double-resistance-breaking Tomato mosaic virus strain ToMV1-2 contains two independent single resistance-breaking domains. **Archives of Virology**, v. 152, n. 5, p. 903–914, 22 maio 2007.

TAMTA, S.; SINGH, J. P. Heterosis in Tomato for Growth and Yield Traits. **International Journal of Vegetable Science**, v. 24, n. 2, p. 169–179, 4 mar. 2018.

TANKSLEY, S. D.; HEWITT, J. Use of molecular markers in breeding for soluble solids content in tomato — a re-examination. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 75, n. 5, p. 811–823, maio 1988.

THAKUR, B. R.; SINGH, R. K.; NELSON, P. E. Quality attributes of processed tomato products: A review. **Food Reviews International**, v. 12, n. 3, p. 375–401, ago. 1996.

TIWARI, J. K. et al. Progress in Marker-Assisted Selection to Genomics-Assisted Breeding in Tomato. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 41, n. 5, p. 321–350, 3 set. 2022.

USAMI, T. et al. Race 2 of *Verticillium dahliae* infecting tomato in Japan can be split into two races with differential pathogenicity on resistant rootstocks. **Plant Pathology**, v. 66, n. 2, p. 230–238, 11 fev. 2017.

VALE, F. X. R.; LOPES, C. A.; ALVARENGA, M. A. R. Doenças fúngicas, bacterianas e causadas por nematóides. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2013 [2004].

VÁZQUEZ AMÁBILE, Gabriel et al. Análisis de agroquímicos y nitratos en cursos y aguas subterránea de cuencas rurales del oeste y sudeste de Buenos Aires. In: **Memorias del II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras, Universidad Nacional del Litoral, 23al.** 2014.

VICENTE, M. H. et al. Semi-determinate growth habit adjusts the vegetative-to-reproductive balance and increases productivity and water-use efficiency in tomato (*Solanum lycopersicum*). **Journal of Plant Physiology**, v. 177, p. 11–19, abr. 2015.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos - 4a Edição.** São Paulo: IAL, 2008. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>> Acesso em 19 de janeiro de 2024.

ZHANG, S. et al. Fusarium Crown and Root Rot of Tomato in Florida. **EDIS**, v. 2021, n. 6, 6 dez. 2021.