

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE - UNICENTRO

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE
LINHAGENS DE TOMATEIRO COM APTIDÃO INDUSTRIAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ALEX SANDRO TORRE FIGUEIREDO

GUARAPUAVA-PR

2013

ALEX SANDRO TORRE FIGUEIREDO

**CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E DIVERGÊNCIA GENÉTICA DE
LINHAGENS DE TOMATEIRO COM APTIDÃO INDUSTRIAL.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende
Orientador

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria
Co-Orientador

GUARAPUAVA
2013

F475c Figueiredo, Alex Sandro Torre
Capacidade de combinação e divergência genética de linhagens de
tomateiro com aptidão industrial / Alex Sandro Torre Figueiredo. - -
Guarapuava, 2013
xiv, 100 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em
Produção Vegetal, 2013

Orientador: Juliano Tadeu Vilela de Resende

Co-orientador: Marcos Ventura Faria

Banca examinadora: João Carlos Athanázio, Paulo Roberto da Silva,
Rafael Gustavo Ferreira Morales, Osnil Alves Camargo Júnior

Bibliografia

1. Agronomia. 2. Tomateiro. 3. Tomateiro – aptidão industrial. 4.
Tomateiro - genética. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia.

CDD 635.642

“Não disse que seria fácil, mas que valeria a pena”

São João Bosco

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo dom da vida, por me dar saúde, força, paciência e persistência para completar mais esta etapa em minha vida.

A CAPES pelo fomento a pesquisa, por meio da concessão da bolsa de estudos que contribui positivamente para a condução desta pesquisa.

A minha família em especial aos meus pais Donizete C. Figueiredo e Cleri Dalla T. Figueiredo e também aos irmãos Conceição A. Figueiredo e Cleiton Dalla T. Figueiredo por formarem a base da minha história e sucesso, sem eles seria praticamente impossível estar concluindo mais esta etapa em minha vida. Não posso deixar de lembrar dos meus queridos avôs e avó que já não estão mais presentes entre nós, mas que sempre me animaram nos momentos mais difíceis.

Ao amigo, professor e orientador Juliano T. Vilela de Resende, pela oportunidade, ensinamentos, orientação, conselhos e principalmente a amizade estabelecida durante a graduação e mestrado, sendo uma das pessoas que mais me incentivou seguir no caminho da pesquisa, mesmo com todas as dificuldades.

A minha namorada, amiga e companheira Fabiana P. Dultra, que sempre esteve ao meu lado me apoiando em minhas decisões, incentivando nos momentos de desânimo e por entender a minha ausência em alguns momentos. Ter você ao meu lado foi de fundamental importância para o sucesso desta etapa.

Um agradecimento especial ao amigo, Prof. Dr. co-orientador Marcos Ventura Faria que não poupou esforços em me auxiliar nas avaliações e estatísticas e mesmo atarefado com suas atividades sempre encontrou um tempo para me ajudar.

Aos integrantes do Núcleo de Pesquisa em Hortaliças (NUPH): Leandro Meert, Juliana T. de Paulla, Rafael R. Chagas, Rafael Matos, Rafael Canini, Rafael Nogoseki, Vitor Canini, Guilherme Bertelli, Luís Ronel, Wagner Kachinski, Daniel Zanin, Sofia Stoski, Edna Neumamm, Ana Preczenhak, Diego Munhoz e outros que me fugiram da memória mas que não pouparam esforços para me auxiliar na conclusão do ensaio.

Aos amigos Diego Ary Rizzardi, André Gabriel, Alexandre Galvão, Josué Marodim, Rafael Morales e outros que apesar de não estarem próximos no dia a dia são grandes exemplos de confiança e amizade na qual confio plenamente como amigos.

Aos integrantes do Lab. Biologia Molecular, Prof. Dr. Paulo R. da Silva e Bruna S. Fagundes e outros que me auxiliaram na obtenção dos resultados moleculares, me ensinando e fornecendo toda estrutura básica para a condução da minha pesquisa.

As secretárias da pós-graduação em Agronomia da UNICENTRO, Lucilia e Alana por estarem sempre a disposição e sempre “quebrando o galho” para nós alunos

A todos os docentes do PGA da UNICENTRO que participaram e auxiliaram durante a minha passagem pelo mestrado, ensinando e tirando duvidas.

Ao pessoal do campo Seu Elias, Manoel e Ângelo que me auxiliou em atividades de campo.

A todas as outras pessoas que de uma forma ou outra me ajudaram ao longo de todo o mestrado e que não me lembro neste momento de grande emoção que é a conclusão de mais um ciclo da minha vida, e que tenho certeza, ficará marcado pra sempre em minha memória.

Agradeço!!

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Geral	3
2.2 Específicos	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro	3
3.2 Importância econômica do tomate	4
3.3 Tomate rasteiro para processamento.....	5
3.4 Características desejáveis em cultivares de tomate industrial.....	5
3.5 Uso de híbridos na cultura do tomateiro	8
3.6 Escolha dos genitores	9
3.6.1 Diversidade genética.....	10
3.6.2 Análise dialélica.....	12
3.6.2.1 Modelo II de Griffing (1956) para dialelos balanceados	13
3.6.2.2 Capacidade geral (\hat{g}_i) e específica (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) de combinação e heterose.....	14
3.7 Referências Bibliográficas	15
4. CAPITULO I - DESEMPENHO DE LINHAGENS E HÍBRIDOS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE PÓS COLHEITA.....	19
4.1 Resumo	19
4.2 Introdução	19
4.3 Material e Métodos	21
4.3.1 Caracterização do local.....	21
4.3.2 Descrição dos tratamentos	21

4.3.3 Delineamento experimental e tratos culturais	22
4.3.4 Características avaliadas	23
4.3.4.1 <i>Características produtivas</i>	23
4.3.4.2 <i>Ciclo</i>	24
4.3.4.3 <i>Enfolhamento</i>	24
4.3.4.4 <i>Morfologia dos frutos</i>	25
4.3.4.5 <i>Pós-colheita</i>	25
4.3.5 Análises estatísticas	26
4.4 Resultados e Discussão	27
4.4.1 <i>Características produtivas</i>	27
4.4.2 <i>Ciclo</i>	31
4.4.3 <i>Enfolhamento</i>	33
4.4.4 <i>Morfologia dos frutos</i>	33
4.4.5 <i>Pós-colheita</i>	34
4.5 Conclusões	36
4.6 Referências Bibliográficas	36
5. CAPÍTULO II - CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E HETEROSE PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE PÓS-COLHEITA EM LINHAGENS DE TOMATEIRO COM APTIDÃO INDUSTRIAL	39
5.1 <i>Resumo</i>	39
5.2 <i>Introdução</i>	39
5.3 <i>Material e Métodos</i>	40
5.3.1 <i>Análise dialélica</i>	41
5.3.2 <i>Cálculo da heterose com base na média dos parentais</i>	42
5.4 <i>Resultados e Discussões</i>	42
5.4.1 <i>Capacidade geral de combinação (\hat{g}_i)</i>	45
5.4.2 <i>Capacidade específica de combinação: efeitos de \hat{s}_{ij}</i>	48
5.4.3 <i>Capacidade específica de combinação: efeitos de \hat{s}_{ij}</i>	52
5.4.4 <i>Heterose</i>	54
5.5 <i>Conclusões</i>	59

5.6 Referências Bibliográficas	60
---	-----------

6. CAPÍTULO III - DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE LINHAGENS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL POR MEIO DE MARCADORES MORFOAGRONÔMICOS E MOLECULARES ISSR E CORRELAÇÃO COM HETEROSE E CAPACIDADE ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO	63
--	-----------

6.1 Resumo	63
-------------------------	-----------

6.2 Introdução	63
-----------------------------	-----------

6.3 Material e Métodos	65
-------------------------------------	-----------

6.3.1 Dados morfoagronômicos	65
---	-----------

6.3.2 Dados moleculares.....	65
-------------------------------------	-----------

<i>6.3.2.1 Extração do DNA.....</i>	<i>66</i>
-------------------------------------	-----------

<i>6.3.2.2 Análises por PCR.....</i>	<i>67</i>
--------------------------------------	-----------

<i>6.3.2.3 Análises estatísticas</i>	<i>67</i>
--	-----------

6.3.3 Correlações	68
--------------------------------	-----------

6.4 Resultados e Discussões	68
--	-----------

6.4.1 Marcadores ISSR	68
------------------------------------	-----------

6.4.2 Caracteres morfoagronômicos.....	72
---	-----------

6.4.3 Correlações	75
--------------------------------	-----------

6.5 Conclusões	80
-----------------------------	-----------

6.6 Referências Bibliográficas	81
---	-----------

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
--------------------------------------	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo na análise de variância (Anova) com valores de quadrado médio (QM) para características agronômicas e de pós-colheita, de 57 genótipos de tomateiro com aptidões industriais avaliados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.....	27
Tabela 2 – Estimativas de produtividade total (PT), comercial (PC) e rendimento de polpa (RP) de frutos de tomateiro com aptidão industrial produzidos em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.....	28
Tabela 3 – Massa média de frutos (MM) e número de frutos por planta (NFP) em genótipos de tomateiro com aptidões industriais, cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.....	30
Tabela 4 - Ciclo total (CT), número de dias para a antese (NDA) e número de dias entre a antese e maturação do fruto (NDMF) de genótipos de tomateiro de hábito determinado, com aptidões industriais cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.....	32
Tabela 5 – Nota de enfolhamento (NEF), espessura do mesocarpo (EM) e diâmetro da cicatriz peduncular (DCP) em genótipos de tomateiro de hábito determinado com aptidões industriais cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.	34
Tabela 6 - Teor total de sólidos solúveis (SS) e firmeza de frutos (FIF) de genótipos de tomateiro com aptidões industriais cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.	35
Tabela 7 - Resumo da análise de variância, para um dialelo completo, com as estimativas de Quadrado médio (QM) para a capacidade geral (\hat{g}_i) e específica de combinação (\hat{s}_{ij}) para características agronômicas e de pós-colheita de linhagens e híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.....	42
Tabela 8 – Componentes quadráticos da capacidade geral (\hat{g}_i) e da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ij}) para características agronômicas e de pós-colheita em tomateiro com aptidão industrial cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.	44
Tabela 9 – Estimativas da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para características agronômicas e de pós-colheita de linhagens de tomateiro com aptidões industriais, conduzido em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.....	45
Tabela 10 – Estimativas de \hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij} para características agronômicas e de pós-colheita de 45 híbridos experimentais obtidos por dialelo completo entre 10 linhagens de tomateiro em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.	49
Tabela 11 – Valores quantitativos (kg ha^{-1}) e percentuais (%) de heterose, observada nas combinações híbridas, para as características de produtividade total (PT), produtividade total de frutos comerciais (PT_CM) e rendimento de polpa (RP) cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.....	56

Tabela 12 - Heterose de 45 híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial, para as características massa média de frutos (MMF) e número de frutos por planta (NFP) cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.	57
Tabela 13 – Heterose de 45 híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial, para as características de espessura do mesocarpo (EM), teor total de sólidos solúveis (SS) e firmeza de frutos (FIR) cultivados em Guarapuava- PR. UNICENTRO, 2012.	59
Tabela 14 – Primer ISSR, temperatura de anelamento (TA), sequência de bases 5’ – 3’, número total de bandas amplificadas (NBA), número total de bandas polimórficas (NBP), porcentagem de polimorfismo (PBP), tamanho das bandas (TB). UNICENTRO, 2012.....	68
Tabela 15 – Similaridade genética, estimada por oito primers ISSR entre 10 linhagens de tomateiro industrial. UNICENTRO, 2012.	70
Tabela 16 – Distância genética de Mahalanobis (D^2) de 10 linhagens de tomateiro industrial, estimadas por meio de marcadores morfoagronômicos. UNICENTRO, 2012...	73
Tabela 17 - Estimativas da contribuição relativa (%) das características para a divergência genética, entre os 10 genitores do dialelo, com base na participação total da distância generalizada de Mahalanobis (D^2). UNICENTRO, 2012.	75
Tabela 18 - Coeficientes de correlação linear de Pearson entre distância generalizada de Mahalanobis, coeficiente de similaridade genética de Jaccard, heterose, capacidade específica de combinação e média geral para oito características de interesse com base em valores médios de 45 híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial. UNICENTRO, 2012.....	76

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Dendrograma de similaridade genética entre linhagens de tomateiro com aptidão industrial cultivadas em Guarapuava - PR. UNICENTRO, 2012. 71
- Figura 2** – Dendrograma com a distância generalizada de Mahalanobis relativos a 16 características morfoagronômicas quantitativas em linhagens de tomateiro com aptidão industrial. UNICENTRO, 2012. 74

RESUMO

FIGUEIREDO, A. S. T. **Capacidade de combinação e divergência genética de linhagens de tomateiro com aptidão industrial**. Guarapuava: UNICENTRO, 2013. 84p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal).

O objetivo do trabalho foi estimar e correlacionar a capacidade de combinação (CGC e CEC) de linhagens de tomateiro industrial com a divergência genética entre os genitores, estimadas por sua vez, através de marcadores morfoagronômicos e moleculares (*ISSR*). Utilizou-se como genitores, 10 linhagens de tomateiro, cedidas pelo banco de germoplasma do Núcleo de Pesquisa em Hortaliças (NUPH) da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. Para isso, conduziu-se a campo, um dialelo balanceado, com genitores e híbridos F₁, excluindo-se os efeitos recíprocos (Griffing, 1956). O dialelo completo foi instalado no setor de olericultura no NUPH, sob um delineamento experimental do tipo blocos casualizados, contendo 57 genótipos (tratamentos) (10 genitores, 45 híbridos F₁ experimentais e 2 testemunhas comerciais) repetidos três vezes. Ao todo, avaliaram-se 25 características relacionadas à morfologia, produção, ciclo e qualidade pós-colheita dos frutos. Estimou-se a CGC para os genitores, bem como a CEC e a heterose para as combinações híbridas. Estimou-se também a divergência genética dos genitores com base em características morfoagronômicas e moleculares. Os genitores foram agrupados de acordo com a divergência genética pelo método UPGMA, sendo estes valores estimados pela distância generalizada de Mahalanobis (informações morfoagronômicas) e Jaccard (informações moleculares). Os resultados mostraram que os efeitos não aditivos foram predominantes para as características relacionadas a produção de frutos e rendimento de polpa. A linhagem RVTD-2009-08 é a mais indicada para programas de melhoramento intrapopulacionais, pois apresentam estimativas elevadas de CGC. Os híbridos RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 e RVTD-2009-07 x RVTD-2009-10 possuem elevado potencial para obtenção de populações superiores, com posterior seleção de linhagens elite para as características produtivas e de rendimento de polpa, além de serem os híbridos experimentais que apresentaram desempenho superior, diferenciando-se, inclusive das testemunhas comerciais. Ambos marcadores foram eficientes ao estimar a divergência genética dos genitores, classificando a linhagem RVTD-2009-08 como o genitor mais divergente do estudo. A menor estimativa de similaridade genética obtida por Jaccard e Mahalanobis foi observada no híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 que também apresentou as maiores estimativas de capacidade específica de combinação, heterose e média geral para diversas características de importância. Não foi observada correlação significativa entre as medidas de divergência genética com as estimativas de capacidade específica, heterose e a média dos genótipos avaliados.

Palavras-Chave: *Solanum lycopersicum*, híbridos, marcadores moleculares, dialelo completo, divergência genética.

ABSTRACT

FIGUEIREDO, Alex Sandro Torre. **Combining ability and genetic divergence in tomato inbred lines with industry aptitude.** Guarapuava: UNICENTRO, 2013. 84p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal).

The objective of this study was to estimate and correlate the ability to combination (CGC and CEC) of lines industrial tomato with genetic divergence in the genitors, estimated through morphological and molecular markers (ISSR). Was used as genitors, ten lineages tomato the genebank granted by the of the Research Center for Vegetables (NUPH) State University Midwestern – UNICENTRO. Conducted to field a diallel mating with parents and F1 hybrids, excluding the the reciprocal effects (Griffing, 1956). The complete diallel been installed in horticulture sector in NUPH under an experimental-type randomized blocks containing 57 genotypes (treatments) (ten parents, 45 F1 hybrids experimental and two commercial checks) repeated thrice. Were evaluated 25 traits related to morphology, production cycle and postharvest quality of fruits. Was estimated CGC for the parents as well as the CEC and heterosis for hybrids. Was also estimated the genetic divergence of parents on the basis of morphoagronomic traits and molecular. Parents were clustered according to the genetic divergence by UPGMA method, and these values estimated by the generalized Mahalanobis distance (agronomic traits) and Jaccard (molecular information). Results showed that non-additive effects were predominant for the traits related to fruit production and pulp yield. Lineage RVTD-2009-08 is the most appropriate for breeding programs intrapopulational, since they have high estimates of CGC. The hybrid-RVTD 2009-08 RVTD x-2009-09 and 2009-07 RVTD-x-RVTD 2009-10 have great potential for obtaining segregating populations, with later selection of elite lines for yield characteristics and pulp yield, addition to being experimental hybrids were superior, differing from the commercial checks. They both markers were effective at estimate the genetic divergence of parents, lineage classifying RVTD 2009-08 as the most divergent of the parent study. The lowest estimate of genetic similarity obtained by Mahalanobis and Jaccard was observed in the hybrid-RVTD 2009-08 RVTD x-2009-09, which also showed the highest estimates of specific combining ability, heterosis and general average for several important traits. There was no significant correlation between measures of genetic divergence with estimates of specific capacity, and average heterosis genotypes.

Key Words: *Solanum lycopersicum*, tomato hybrids, molecular marker, complete diallel, genetics divergence.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro é segunda hortaliça mais cultivada no mundo. Na safra agrícola de 2011 o Brasil cultivou uma área de aproximadamente 60 mil hectares com produtividade média de $62,4 \text{ t ha}^{-1}$, resultando em uma produção final de 3,75 milhões de t. (IBGE, 2012). Desta totalidade, cerca de 30% é de tomate destinado a industrialização, sendo que neste segmento o Brasil enquadra-se como o quinto maior produtor mundial, produzindo anualmente cerca de 2,0 milhões de toneladas que são destinadas a produção de derivados como sucos, pastas, molhos prontos e também ao consumo *in natura* (GERALDINI et al., 2011).

O tomateiro comercial é uma planta tipicamente autógama, e a utilização de híbridos é justificada por uma série de motivos quantitativos e qualitativos (MALUF, 2001). No Brasil, o melhoramento genético do tomateiro industrial é relegado ao segundo plano devido ao baixo custo da semente destas cultivares. Desta forma, a pesquisa é restrita a instituições de ensino e pesquisa de natureza pública, que raramente lançam novas cultivares para este segmento de mercado. Isso justifica a criação de um programa de melhoramento genético para esta cultura, buscando a produção de híbridos superiores adaptados às condições edafoclimáticas brasileiras.

A tomaticultura destinada à produção de frutos para a industrialização requer cultivares adaptadas e com ampla estabilidade fenotípica. Além do mais, existem várias características de natureza agronomica e de pós-colheita que obrigatoriamente devem estar presentes em genótipos comerciais, podendo citar as principais: elevada produtividade de frutos, plantas mais precoces, maturação concentrada dos frutos, *jointles*, coloração vermelho intensa para frutos e polpa, boa cobertura foliar, elevado teor de sólidos solúveis totais, frutos mais firmes, polpa ácida e com pH menor que 4,5, elevado rendimento de polpa e resistência as principais pragas e doenças que impedem o tomaticultor de atingir o seu teto máximo de produtividade.

Ao se iniciar um programa de melhoramento genético, uma das etapas de maior importância é a escolha dos genitores, onde na maioria das vezes o melhorista possui uma infinidade de genótipos passíveis de serem utilizados em hibridações (MIRANDA FILHO, 2001). Notadamente, uma das metodologias mais utilizadas na seleção dos melhores

genitores, são os cruzamentos dialélicos, que fornecem estimativas de capacidade geral e específica de combinação e heterose dos genótipos (CRUZ, 2004). No entanto, uma das desvantagens deste método é quanto ao número máximo de genitores, que geralmente é restrito a um número menor que 15 devido ao grande volume de serviço gerado em suas avaliações (CONRADO, 2010).

Metodologias baseadas na divergência genética dos indivíduos surgem como uma ótima ferramenta ao melhorista, que pode selecionar os melhores genitores sem a necessidade de avaliação direta de sua descendência (FALEIRO, 2007). Essas ferramentas se embasam na teoria que indivíduos com estimativas superiores de heterose, capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ij}) e com bom desempenho no campo, possuam similaridade genética estreita, sendo a seleção direcionada para os genitores mais divergentes, e que no campo resultarão nas combinações híbridas mais promissoras.

Os marcadores moleculares e morfoagronômicos constituem em duas ferramentas disponíveis ao melhorista, e que contribuem para este tipo de estudo, formando uma espécie de pré-melhoramento genético. Estas ferramentas são capazes de estimar o grau de divergência genética dos genitores, presentes a nível molecular e fenotípico, contribuindo para o direcionamento dos recursos e esforços na obtenção do genótipo mais promissor. Desta forma, a seleção de genitores com base na sua divergência genética permite ao melhorista, focar apenas em genótipos promissores, acelerando as etapas dentro de um programa de melhoramento genético.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Determinar os genitores e combinações híbridas mais promissoras de tomateiro industrial por meio da divergência genética, heterose e capacidade de combinação passíveis de serem utilizados no programa de melhoramento genético.

2.2 Específicos

- Observar o desempenho de linhagens e híbridos de tomateiro com aptidões industriais quanto as principais características agronômicas e de pós-colheita.

- Obter estimativas de capacidade geral (\hat{g}_i), capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) e heterose de híbridos experimentais de tomateiro, com intuito de identificar os melhores genitores e as melhores combinações híbridas.

- Estimar por meio de marcadores morfoagronômicos e moleculares a divergência genética entre os genitores e correlacionar estes valores com estimativas de média, heterose e \hat{s}_{ij} com intuito de confirma se os melhores híbridos provêm das combinações de genótipos altamente divergentes.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais da cultura do tomateiro

Pertencente à família Solanaceae, o tomateiro (*Solanum lycopersicum* Mill.) é uma espécie olerícola cultivada em todo o mundo. Seu centro de origem é a parte ocidental da América do Sul, mas especificamente o território limitado ao norte pelo Equador, ao sul pelo Chile, oeste pelo Oceano Pacífico e a leste pela Cordilheira dos Andes. Após a sua descoberta pelos espanhóis, no século XVI, o tomate foi levado da América para a Europa, sendo inicialmente cultivado como planta ornamental em jardins da Espanha, Itália e

Inglaterra, de onde então se difundiu por todo o mundo. No Brasil, o tomateiro foi introduzido por imigrantes europeus no final do século XIX (ALVARENGA, 2004).

O gênero *Solanum* possui nove espécies reconhecidas taxonomicamente, formando um valioso banco de alelos passíveis de serem utilizados em cruzamentos interespecíficos. Todas as espécies da subfamília Solanoideae possuem número de cromossomos uniforme (2n: 2x: 24) (ALVARENGA, 2004).

O tomateiro é uma solanacea herbácea, com caule flexível e piloso. A arquitetura natural da planta lembra uma moita, com abundantes ramificações laterais, sendo profundamente modificada pela prática da poda (SILVA e VALE, 2007). Quanto ao hábito de crescimento, uma planta de tomateiro pode ser do tipo determinado ou indeterminado. Cultivares com hábito indeterminado, na maioria das vezes são destinadas a produção de frutos para consumo *in natura*, enquanto que plantas de tomateiro com hábito determinado são destinadas preferencialmente para o cultivo rasteiro, cujos frutos possuem aptidão para a exploração agroindustrial (SILVA e GIORDANO, 2000a; SILVA e VALE, 2007).

3.2 Importância econômica do tomate

O tomateiro é uma olerícola cultivada na maioria do território brasileiro. Na safra 2011 está solanaceae foi cultivada em 60.092 hectares, com produtividade média de 62.470 kg ha⁻¹, resultando em uma produção total de 3.753.961 t (IBGE, 2012). Na média geral a cada safra agrícola, do total da área cultivada com tomateiro, aproximadamente 31% da área se destina a produção de tomate industrial, enquanto que o restante (69%) é destinado a produção de frutos para o consumo *in natura* (ABCSEM, 2010). Em termos mundiais o Brasil é o quinto maior produtor de tomate industrial, apresentando em algumas regiões, produtividades superiores a 100 t ha⁻¹ (MELO et al., 2011).

A cadeia produtiva do tomateiro apresenta grande importância econômica ao agronegócio brasileiro, por gerar um montante superior a R\$ 2 bilhões anualmente (cerca de 16% do PIB gerado pela produção de hortaliças no Brasil), apresentando um elevado aspecto econômico e social, por meio da geração de emprego e renda no campo (GERALDINI et al., 2011).

No ano de 2011 o estado do Paraná cultivou o tomate em 5.928 ha, resultando em uma produção final de 373.509 t. e uma produtividade média de 63 t ha⁻¹ (IBGE, 2012).

3.3 Tomate rasteiro para processamento

O cultivo do tomate industrial no Brasil iniciou-se no fim do século XVIII no estado de Pernambuco, porém o seu grande impulso foi após a década de 50, ao iniciar o cultivo do tomate industrial no Estado de São Paulo (EMBRAPA, 2003). O mercado do tomate industrial está em expansão no Brasil sendo impulsionado por fatores como o aumento da renda per capita, mudança de hábitos alimentares, crescimento das redes de *fast foods*, entrada de novas empresas no mercado de processamento de tomate e principalmente pela entrada da mulher no mercado de trabalho, necessitando a cada dia de soluções rápidas (GAMEIRO et al., 2007; GERALDINI et al., 2011).

O processamento industrial do tomate é uma ferramenta que auxilia na redução de perdas na pós-colheita devido o elevado conteúdo de água presente no fruto, cerca de 90 a 95%, que o torna frágil e com uma vida de prateleira reduzida. Desta forma, a industrialização do tomate vem ao encontro da necessidade de aumentar a vida útil do produto, fazendo com que este fique disponível para o consumidor por meio de seus derivados em períodos de entressafra (GAMEIRO et al., 2007).

No ano de 2010, o Brasil processou 1,8 milhão de toneladas de tomate, sendo que os principais produtos processados são o extrato de tomate, purê de tomate, molho de tomate refogado e *catchup* (GERALDINI et al., 2011).

3.4 Características desejáveis em cultivares de tomate industrial

Não existe um modelo de planta ideal para todos os sistemas de cultivo (ALMEIDA et al., 1998). Desta maneira, chega-se à conclusão que para cada cultura em seus diversos ambientes de cultivo, existe um modelo de planta ideal, ao qual adicionam-se características agronômicas que permitem o sucesso do genótipo no campo (DONALD, 1968).

Para a cultura do tomateiro, cuja finalidade é a industrialização dos frutos e produção de derivados, algumas características agronômicas e de pós-colheita são de fundamental presença em um genótipo comercial (GIORDANO et al., 2000). Algumas destas características podem ser listadas, como: precocidade, maturação concentrada dos frutos, elevado teor de sólidos solúveis totais, coloração vermelho intensa nos frutos e polpa, enfolhamento denso, firmeza dos frutos e ausência da retenção do pedúnculo.

Quanto ao ciclo, nota-se que as cultivares comerciais de tomate industrial possuem um ciclo médio que varia de 95 a 125 dias entre a germinação das sementes e início da colheita, sendo este período altamente influenciado por fatores edafoclimáticos e de manejo (GIORDANO et al., 2000). As plantas de ciclo precoce têm sido preferidas pelos produtores, devido à antecipação da colheita no campo (CARVALHO et al., 2012). Aragão et al. (2004) concluíram que o ciclo de vida das cultivares de tomate correlacionam-se diretamente com a firmeza e teor total de sólidos solúveis dos frutos, ou seja, quanto menor o ciclo das plantas menor será a firmeza dos frutos e o teor de sólidos solúveis totais.

Outra característica de extrema importância é a maturação concentrada dos frutos. Esta característica tornou-se de grande importância devido o advento da colheita mecânica dos frutos, uma vez que a colhedora passa uma única vez pela lavoura, e com isso a maioria dos frutos deve estar no ponto ideal de colheita. Para classificar os genótipos, criou-se uma escala de concentração de maturação (ICM), que varia desde 1 até 4. Genótipos classificados como 1 apresentam alto índice de concentração de maturação dos frutos durante a colheita enquanto genótipos classificados como 4 apresentam uma maturação desuniforme dos frutos (MELO e VILELA, 2005; MELO, 2011).

O teor total de sólidos solúveis dos frutos é uma das principais características que o produtor deve se atentar no momento da escolha da cultivar, uma vez que o rendimento industrial é diretamente ligado a esta característica (GIORDANO et al., 2000). As cultivares de tomateiro disponíveis atualmente para o mercado de industrialização, apresentam valores de sólidos solúveis entre 4,4 °Brix até 6,0 °Brix, sendo que a maioria das cultivares se aproxima de 4,5 °Brix, sendo este um valor baixo, perante as necessidades industriais, onde 5°Brix seria um valor próximo do ideal (MELO e VILELA, 2005).

Os sólidos solúveis são aferidos por meio de refratometria, refletindo a quantidade total de açúcares presente nas frutas, sendo um bom parâmetro para indicar o

amadurecimento e ponto ideal para colheita (CECCHI, 1999). Os sólidos solúveis são constituídos por compostos solúveis em água como os açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas. Os monossacarídeos glicose e frutose formam a grande parte dos sólidos solúveis presentes em frutos de tomate, formados a partir da hidrólise do amido (MOURA et al., 1999).

Algumas indústrias premiam os produtores de acordo com o conteúdo de sólidos solúveis presente nos frutos de tomate. Segundo Giordano et al. (2000), quando o °Brix vai até 4,8 é pago o preço base, quando fica entre 4,81 a 5,21 há um acréscimo de 5% e quando é maior que 5,21, há um acréscimo de 10% no valor a ser pago ao produtor. Para cada °Brix que se eleva na matéria prima a ser processada constata-se um aumento de 20% no rendimento industrial, por meio da redução de esforços para concentrar a polpa (GIORDANO et al., 2000).

Frutos de tomate com aptidão industrial devem apresentar epicarpo e mesocarpo com coloração vermelha intensa, com intuito de evitar a utilização de corantes durante o processamento, e ao mesmo tempo produzindo derivados com melhor tonalidade (FERNANDES, 2000; GIORDANO et al., 2000).

A característica firmeza dos frutos teve um aumento significativo de importância com o advento da colheita mecanizada do tomate industrial. Quando considera-se o caminho percorrido por um fruto de tomate desde a lavoura, até as unidades primárias de processamento, nota-se que o mesmo recebe uma série de impactos sobre a sua superfície que resultam na sua deterioração e perda de qualidade. Desta forma, cultivares que apresentem frutos firmes mesmo no ponto de colheita tem sido preferidos pelos tomaticultores (GIORDANO et al., 2000). Desperdícios podem variar desde 2% a 7% quando se opta por fazer a colheita dos frutos no seu estágio de amadurecimento ideal (MORETTI et al., 2000).

Outra característica de extrema importância a ser observada em cultivares de tomateiro com aptidão industrial é o enfolhamento das plantas, principalmente durante a fase de frutificação e maturação dos frutos. O maior sombreamento permite que os frutos de tomate se desenvolvam protegidos da radiação solar excessiva, evitando a escaldadura dos frutos, que são regiões brancas amareladas que surgem na superfície externa do fruto em detrimento da quebra dos carotenoides devido à alta temperatura. Por outro lado, vale

ressaltar que a densidade excessiva de folhas atrapalha o manejo no campo, dificultando aplicação de defensivos nas regiões mais inferiores das plantas (GIORDANO et al., 2000).

A permanência do pedúnculo no fruto após a retirada da planta mãe é uma característica indesejável em plantas de tomateiro com aptidão industrial, uma vez que o pedúnculo é tido como impureza dentro do sistema de processamento, havendo então a necessidade de retirá-lo antes que o mesmo adentre a unidade processadora (GIORDANO et al., 2000). A presença ou ausência de uma camada de abscisão entre o pedúnculo do fruto e a planta mãe é condicionada por um gene J_2 (Jointless pedicels) que acaba sendo facilmente introgridido em plantas de tomate (CARVALHO et al., 2012).

Com isso, pode-se observar pelo exposto acima a vasta gama de características primordiais que devem ser somadas a um genótipo de tomate com aptidão industrial. Contudo, na maioria das vezes acaba sendo difícil agrupar todas essas características em um único genótipo, devendo-se optar por aquele material que agregue a maioria das características desejáveis para o sucesso da cultura no campo.

3.5 Uso de híbridos na cultura do tomateiro

Relatos do uso de sementes híbridas na olericultura remontam desde períodos antes da segunda guerra mundial. No Brasil, a primeira hortaliça híbrida utilizada comercialmente foi a cultivar F-100 de berinjela, lançada em meados de 1960 (MALUF, 2001).

A maioria das cultivares híbridas de olerícolas disponíveis no mercado é originada em programas de melhoramento situados fora do Brasil. Essas sementes são importadas, e avaliados em experimentos conduzidos em vários ambientes. Os híbridos mais produtivos e com boa adaptação são registrados e comercializados no mercado brasileiro de sementes.

Em programas de melhoramento de plantas autógamas, o objetivo é a obtenção de linhagens que contenham o máximo possível de alelos favoráveis (BORÉM, 2001), porém, em algumas espécies autógamas, como o tomateiro, existe a possibilidade de exploração do uso de híbridos, devido às vantagens que estes proporcionam, tais como: maior produtividade e vigor, uniformidade de estande e produção, precocidade, melhores características químico físicas além de poder associar a um único indivíduo resistências

múltiplas pragas e doenças (BORÉM, 2001). Embora vantajoso, nem todas as espécies autógamas possuem a aptidão para explorar o uso de híbridos, devido à dificuldade e o alto custo para a obtenção das sementes híbridas. Dentre as espécies olerícolas autógamas com aptidão para uso de híbridos pode-se citar a berinjela, o pimentão e o tomate (VARGAS, 2008).

Relatos evidenciam que o primeiro híbrido de tomate foi lançado em 1930 na Bulgária, e após algum tempo já era o genótipo mais cultivado pelos tomaticultores (MALUF, 2001). No Brasil as primeiras cultivares híbridas de tomate foram Débora e Cláudia, com início da comercialização em 1988 pela empresa Agroflora, hoje pertencente à Sakata Seed Sudamerica. Desde então, centenas de cultivares híbridas de tomateiro foram lançadas por diversas empresas produtoras de sementes, atendendo as mais diferentes regiões produtoras e segmentos de mercado (ALVARENGA, 2004).

Embora pareça fácil, a obtenção de um híbrido comercial demanda tempo, dinheiro e pesquisa (ALENCAR, 1993). Para a obtenção de um híbrido um dos passos é a formação de uma população base e a escolha dos genitores que deverão ser utilizados nas hibridações, sendo esta uma etapa bastante criteriosa, onde o sucesso do programa de melhoramento está ligado ao sucesso desta etapa (RAMALHO et al., 2001).

3.6 Escolha dos genitores

Os híbridos são genótipos obtidos pelo cruzamento de indivíduos de constituição genética idêntica, originados em diferentes populações, com o intuito de se explorar ao máximo a heterose existente na complementação dos indivíduos (MIRANDA FILHO, 2001).

Durante a escolha dos genitores a serem utilizados em hibridações controladas, deve-se atentar ao controle genético do caráter a ser melhorado. Quando o fenótipo é qualitativo (mono ou oligogênico) a escolha dos genitores torna-se mais fácil, sendo necessário um genitor doador do alelo favorável e outro que apresente boas características agronômicas, sendo este chamado de recorrente. Por outro lado, quando o fenótipo a ser melhorado é quantitativo (poligênico) escolher o genitor torna-se uma tarefa difícil, e deve-

se basear sobre uma população segregante com presença de variabilidade genética pronunciada entre os indivíduos (RAMALHO et al., 2001).

Programas de melhoramento genético que buscam a obtenção de híbridos superiores, contam com uma vasta gama de linhagens que podem ser utilizadas nos cruzamentos artificiais. Desta forma, o melhorista deve optar pela escolha dos genitores mais promissores para avançar com os cruzamentos, reduzir tempo e custos com a obtenção da combinação híbrida ideal (CRUZ, 2010).

Atualmente os melhoristas de plantas contam com diversas ferramentas que o auxiliam na escolha dos melhores genitores a serem utilizados em cruzamentos controlados. Essas ferramentas são divididas em duas categorias, baseando-se na diversidade genética dos genitores, mediante informações morfoagronômicas ou moleculares ou então no desempenho de suas progênes avaliadas em esquemas dialélicos (BAENZIGER e PETERSON, 1991).

3.6.1 Diversidade genética

As estimativas de diversidade genética entre dois indivíduos formam um grupo de ferramentas preditivas que auxilia o melhorista de plantas na escolha dos cruzamentos que originarão os genótipos mais promissores no campo. A grande vantagem da seleção de indivíduos com base na divergência genética é a não necessidade de avaliação das progênes em grandes experimentos, concentrando-se os esforços apenas nas combinações mais promissoras (SOUZA JÚNIOR, 2001).

A diversidade genética pode ser estimada por meio de diferenças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares existentes entre dois indivíduos. Todavia, a seleção dos genitores se dá com base nos valores referentes a esta divergência genética, evitando-se o cruzamento entre indivíduos aparentados e possível depressão por endogamia (SOUZA JÚNIOR, 2001).

Segundo Falconer (1987) existe uma forte expectativa que o cruzamento de indivíduos altamente divergentes resulte em híbridos superiores, com heterose e produtividade expressiva. Desta forma, quanto menor o grau de parentesco entre dois genitores, maior será o número de locos divergentes, e conseqüentemente menor similaridade genética entre estes indivíduos (CRUZ, 2010). Todavia, genótipos aparentados

podem apresentar alta divergência genética, o que dificulta a utilização desta técnica na prática, uma vez que estas combinações seriam descartadas dentro de um programa de melhoramento (SOUZA JÚNIOR, 2001).

Os métodos de agrupamento são capazes de reunir os genótipos em diferentes grupos, considerando informações de natureza morfológica, fisiológica, bioquímica e molecular. Indivíduos classificados em um mesmo grupo são semelhantes entre si, mas divergentes quando se considera indivíduos reunidos em outros grupos (CRUZ, 2010). Inicialmente, obtêm-se os coeficientes de similaridade genética entre os indivíduos e posteriormente aplica-se o agrupamento dos indivíduos, utilizando-se o modelo matemático mais compatível com a pesquisa em questão (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

Para as características de natureza quantitativa a principal medida de divergência genética utilizada é a distância generalizada de Mahalanobis (D_{ij}^2). O coeficiente de Mahalanobis é um modelo estatístico/genético que estima a divergência genética entre indivíduos com base em dados de repetições, uma vez que se utiliza valores de variância e covariância residuais para o cálculo do mesmo. Este modelo também é capaz de informar o quanto cada característica estudada, contribuiu para o estudo da divergência genética, informando quais fenótipos devem ser considerados em trabalhos futuros (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

Pode-se estimar a divergência genética com base no polimorfismo produzido por diferentes marcadores moleculares, sendo estimada através de variáveis binárias (CRUZ, 2010). Assume-se que a presença de bandas polimórficas em genótipos como sendo o valor “1”, enquanto a ausência é representada pelo valor “0”. O coeficiente de Jaccard é um dos mais utilizados neste tipo de estudo, uma vez que o mesmo não considera a coincidência do tipo “0-0” como fator de similaridade e apenas a coincidência do tipo “1-1” (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

Após estimar a divergência genética, deve-se em seguida realizar o agrupamento dos indivíduos utilizando-se uma metodologia adequada de agrupamento. O método mais comumente utilizado é o UPGMA, que se baseia em um método não ponderado de agrupamento aos pares, utilizando médias aritméticas das estimativas de dissimilaridade genética, sendo que o dendograma é estabelecido pelos genótipos com maior similaridade genética (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

3.6.2 Análise dialélica

De acordo com Cruz (2010) o esquema de análise dialélica é um tipo de delineamento genético poderoso que quantifica a variabilidade genética de uma determinada característica, o valor genético dos genitores, a capacidade de combinação geral e específica e a heterose presente nos cruzamentos.

Existem vários modelos de cruzamentos dialélicos disponíveis na atualidade. Entretanto a escolha do melhor modelo a ser adotado depende do número de genótipos envolvidos e dos objetivos a serem alcançados com a pesquisa. Dentre os diferentes modelos, pode-se citar: o dialelo balanceado, parcial, circulante, inteligente e desconectado (MIRANDA FILHO e GORGULHO, 2001; ISIK, 2009; CONRADO, 2010).

De acordo com Cruz (2010) o termo dialelo se refere a todos os cruzamentos possíveis entre um conjunto de n genótipos. No dialelo completo é necessária a avaliação dos n genitores utilizados juntamente com as combinações híbridas, o que implica na utilização de um número pequeno de genitores, devido à grande quantidade de combinações híbridas originadas do cruzamento entre os mesmos. Dentro desta demonstração dialélica podem-se agrupar três tipos diferentes de genótipos: os genitores, os híbridos F_1 e seus recíprocos (GRIFFING, 1956).

Com base nesses grupos, Griffing (1956) propôs quatro modelos diferentes de análise dialélica para explicar os resultados de um dialelo completo, onde cada um é utilizado apenas em algumas condições específicas da pesquisa. Os quatro modelos estão descritos a seguir:

Modelo I: inclui genitores, híbridos F_1 e seus recíprocos, totalizando n^2 combinações;

Modelo II: inclui genitores e seus híbridos F_1 , totalizando $n + (\frac{1}{2} * n * (n-1))$ combinações;

Modelo III: considera os híbridos F_1 e seus recíprocos totalizando $n*(n-1)$ combinações;

Modelo IV: incluem apenas híbridos F_1 totalizando $(\frac{1}{2} * n * (n-1))$ combinações;

Os dialelos são modelos genéticos amplamente utilizados na cultura do tomateiro, devido à chance de identificar híbridos elite e também pela facilidade de realização dos cruzamentos artificiais. Genótipos são avaliados para caracteres associados à produção, qualidade dos frutos, conservação pós-colheita, aspectos vegetativos, ambientais, fisiológicos e sanitários (RESENDE et al., 2000).

3.6.2.1 Modelo II de Griffing (1956) para dialelos balanceados

O primeiro esquema de análise de variância para tabelas dialélicas foi apresentado por Yates no ano de 1947 (SOUZA, 2007). O modelo de interpretação dos resultados do dialelo proposto por Griffing (1956) têm sido amplamente utilizados em espécies autógamas, para avaliar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação.

O modelo II de Griffing (1956) inclui em sua análise dialélica os dados obtidos resultantes dos genitores e seus híbridos F_1 , totalizando $n + (\frac{1}{2} * n * (n-1))$ combinações. Neste modelo, avaliam-se no campo os genitores e seus híbridos F_1 , que acarreta ao final em um grande número de genótipos a serem avaliados, dificultando o uso desta metodologia na prática, sendo raros os experimentos que consideram mais de 10 genitores em seus cruzamentos (CONRADO, 2010).

Para um experimento conduzido em blocos casualizados, o modelo matemático adotado pelo método II de Griffing (1956) utilizado para a explicação dos resultados é o seguinte:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij} \text{ em que}$$

Y_{ij} : valor obtido na combinação híbrida do genitor i cruzado com o genitor j ;

m : é efeito médio para uma determinada característica avaliada;

g_i e g_j : efeitos da capacidade geral de combinação dos genitores i e j ;

s_{ij} : efeito da capacidade específica do cruzamento

e_{ij} : erro experimental associado a este cruzamento

Desta forma, o modelo descrito acima define que a combinação híbrida Y_{ij} se dá em função do efeito da combinação do genitor i cruzado com o genitor j , do efeito médio (m), da capacidade geral dos genitores (g_i e g_j), da capacidade específica do cruzamento (s_{ij}) e em parte pelo erro experimental associado ao cruzamento (e_{ij}).

É facilmente observável que a metodologia o modelo proposto por Griffing (1956) é o mais utilizado na interpretação e análise dos resultados obtidos em experimentos dialélicos. Este fato se deve a diversos motivos, entre eles a ausência de restrições quanto aos genitores como ocorre no modelo de Hayman e Gardner e Eberhart, principalmente ao

fato de estimar a \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} que é uma informação extremamente interessante na definição de estratégias de melhoramento.

3.6.2.2 Capacidade geral (\hat{g}_i) e específica (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) de combinação e heterose

A capacidade combinatória de um determinado genitor pode ser medida em termos de capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) e capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ij}) (BRAZ, 1982).

A \hat{g}_i é estimada com base no desempenho médio de um genitor quando hibridizado com um grupo fechado de indivíduos, sendo associado aos efeitos aditivos dos alelos (CRUZ e VENCOVSKY, 1989). Já a \hat{s}_{ij} pode ser interpretada como um efeito na expressão do híbrido que não é esclarecido pelos efeitos da \hat{g}_i dos genitores (NIZIO, 2008). Portanto refere-se a uma combinação particular entre dois genitores, cujo desempenho está acima ou abaixo do esperado, com base no valor de \hat{g}_i de ambos (CRUZ e VENCOVSKY, 1989). Os efeitos da \hat{s}_{ij} enfatizam as interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os parentais, possibilitando antever respostas de ganho genético com a exploração da heterose (BASTOS et al., 2003). A variância da \hat{s}_{ij} inclui toda a variância de dominância e o restante dos efeitos epistáticos. Com isso, o híbrido mais favorável é aquele que apresenta uma alta estimativa de \hat{s}_{ij} e que seja resultante de um cruzamento na qual pelo menos um dos genitores apresente \hat{g}_i elevada (CRUZ et al., 2010).

Outra vantagem do uso dos dialelos é a capacidade de estimar a heterose dos híbridos. Logo o pleno entendimento do comportamento dos híbridos F_1 em relação a seus parentais permite a escolha das melhores combinações genéticas para caracteres de importância econômica. Portanto, a presença e a magnitude da heterose evidenciam a perspectiva para a produção de cultivares híbridas (VARGAS, 2008).

O termo heterose é utilizado para explicar o vigor híbrido manifestado em gerações heterozigotas derivadas de cruzamento entre indivíduos geneticamente divergentes (FALCONER, 1987). Um híbrido heterótico refere-se aquele cuja média difere da média parental, para mais ou para menos. Porém o termo mais aceito atualmente é o da heterose padrão, o qual estabelece como referencial uma cultivar comercial considerada padrão do mercado (MALUF, 2001).

Segundo Falconer (1987) a heterose produzida em um cruzamento entre dois genitores, depende da diferença das frequências alélicas entre os mesmos, para os locos envolvidos na expressão de uma determinada característica. Não havendo esta diferença, não há heterose. Se esta diferença existir em mais de um loco, os valores individuais de cada um se combinarão aditivamente, e a heterose produzida poderá ser representada pelo efeito conjunto de todos os locos, como a soma de suas contribuições separadas. Para que ocorra heterose, é necessário que exista ação de dominância ou sobredominância, pois locos sem este tipo de ação não geram heterose. Se alguns locos forem dominantes em determinada direção e outros em outra, seus efeitos se anularão não se verificando heterose, apesar da mesma ocorrer em locos individuais.

3.7 Referências Bibliográficas

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. Tomate lidera crescimento e lucratividade no setor de hortaliças. **A Lavoura**. p. 29-31, 2010.

ALENCAR, M. Produção de mundial de sementes de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.11, n.2, p.191-192, 1993.

ALMEIDA, M. L. de.; MUNDSTOCK, C. M.; SANGOI, L. Conceito de ideotipo e seu uso do aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, v.28, n.02, p.325-332, 1998.

ALVARENGA, M. A. R. Origem, Botânica e descrição da plantas. In: ALVERNGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, p. 15-23, 2004.

ARAGÃO, F. A. S.; GIORDANO, L. B.; MELO, P. C. T.; BOITEUX, L. S. Desempenho de híbridos experimentais de tomateiro para processamento industrial nas condições edafoclimáticas do cerrado brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.03, p. 529-533, 2004.

BAENZIGER, P. S.; PETESON, C. J. Genetic variation: Its origin and use for breeding self-pollinated species. In: STALKER, H. T.; MURPHY, J. P. (Ed). **Plant Breeding in the 1990's**. Raleigh: Nort Carolina State University, 1991, p.69-100.

BASTOS, I.T.; BARBOSA, M.H.P.; CRUZ, C. D.; BURNQUIST, W.L.; BRESSIANI, J.A.; SILVA, F.L. da. Análise dialélica em clones de cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.62, n.02, p.199-206, 2003.

BRAZ, L. T. **Avaliação de caracteres agronômicos e qualitativos de três cultivares de pimentão (*Capsicum annuum* L.) e da heterose em seus híbridos F1**. 1982. 75 f. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 3 ed. Viçosa: UFV. p. 500, 2001.

CARVALHO, J. O. M.; LUZ, J. M. Q.; JULIATTI, F. C.; MELO, L. C. **Melhoramento do tomateiro grupo agro-industrial**, 2012. Disponível em:<
<http://www.fazendeiro.com.br/Cietec/artigos/ArtigosTexto.asp?Codigo=703>>. Acesso em: 15 de out. 2012.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Unicamp, 1999. 213 p. (reimpressão).

CONRADO, T. V. **Análise dialélica de milho para canjica**. 2010. 78p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2010. 394p. (1ª reimpressão).

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p.

CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto v.12, n.2, p.425-438, 1989.

DONALD, C. M. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, v.17, p.385-403, 1968.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Cultivo do tomate para industrialização: Importância econômica**, 2003. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/importancia.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2012.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p

FERNANDES, M. S. Transformação industrial do tomate no Brasil. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, 2000, p. 150-165.

GAMEIRO, A. H.; CAIXETA FILHO, J. V.; ROCCO, C. D.; RANGEL, R. Estimativa de perdas no suprimento de tomates para processamento industrial no estado de Goiás. **Informações Econômicas**, v. 37, n.07, p. 07-16, 2007.

GERALDINI, F.; JULIÃO, L.; BORGATO, E. Procuram-se agroindústrias. **Hortifruti Brasil**. n.104, p.8-23, 2011.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, 2000, p. 36-59.

GRIFFING, B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. **Heredity**, v.10, p.31-50, 1956.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia estatística, Cepagro - Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. p. 6, 2012.

ISIK, F. **Analysis of Diallel Mating Designs**, 2009. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/~fisik/Analysis%20of%20Diallel%20Progeny%20Test%20with%20SAS.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2012.

MALUF, W. R. Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.327-356.

MELO P.C.T.; VILELA, N.J.; FONTE, L.C. Agroprocessamento do tomate no Brasil: realidade e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Anais**. Viçosa: ABH. Anais 51. Congresso Brasileiro de Olericultura (CD ROM), julho 2011.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento agroindustrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n.01, p.154-157, 2005.

MIRANDA FILHO, J. B. Endogamia ou consangüinidade. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.629-647.

MIRANDA FILHO, J. B.; GORGULHO, E. P. Cruzamentos com testadores e dialelos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.649-672.

MORETTI, C. L.; CALBO, A. G.; HENZ, G. P. Fisiologia e manejo de pós colheita. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, p. 136-146l, 2000.

MOURA, M. L.; SARGENT, S. A; OLIVEIRA. R. F. Efeito da atmosfera controlada na conservação de tomates colhidos em estágio intermediário de maturidade. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 1, p. 135-142, 1999.

NIZIO, D. A. de C. **Capacidade combinatória de linhagens avançadas de tomateiro de mesa e seleção assistida por marcadores moleculares para resistência a begomovírus e**

tospovírus. 2008. 71p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOD, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.201-230.

RESENDE, L.V.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; MOTA, F. M. F.; RESENDE, J. T. V. Análise dialélica de firmeza de frutos em cultivares e linhagens de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.01, p.8-14, 2000.

SILVA, D. J. H. da.; VALE, F. X. R. do. **TOMATE: Tecnologia e Produção**. Viçosa: UFV, 2007, 355p.

SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. de B. **Produção mundial e nacional**. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. B. Tomate para processamento industrial. Brasília: EMBRAPA, 2000a. p. 37-59.

SOUZA, L. M. **Cruzamentos dialélicos entre genótipos de tomate de mesa**. Dissertação (Mestrado em agricultura tropical e subtropical). Instituto agrônômico de Campinas. Campinas-SP, 2007.

SOUZA JÚNIOR, C. L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.159-200.

VARGAS, P. F. Heterose e capacidade combinatória em melão rendilhado. **Tese (doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Jaboticabal, 2008. 87 f. UNESP, Campus de Jaboticabal, 2008.

4. CAPITULO I

DESEMPENHO DE LINHAGENS E HÍBRIDOS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE PÓS- COLHEITA

4.1 Resumo

O objetivo do experimento foi avaliar o desempenho de genótipos experimentais de tomateiro com aptidão industrial quanto a características agronômicas e de pós-colheita. O experimento foi conduzido no setor de olericultura da UNICENTRO, em blocos casualizados, contendo 57 genótipos de tomate (10 linhagens, 45 híbridos experimentais e 2 testemunhas comerciais) com três repetições. Avaliaram-se características relacionadas à produção de frutos, ciclo, enfolhamento, morfologia e pós-colheita dos frutos. As testemunhas comerciais foram inferiores aos genótipos experimentais quanto ao parâmetro de produção e pós-colheita. O híbrido Tinto apresentou a maior massa média de frutos do experimento não sendo o suficiente para o mesmo expressar a máxima produtividade. O aumento do número de frutos por planta é um componente de produtividade que permite o aumento significativo de produtividade da cultura do tomateiro industrial. O híbrido experimental RVTD-2009-52 é considerado como promissor para o processamento e dupla aptidão, pois conciliou alta produção total e comercial de frutos e teor considerável de sólidos solúveis, com uma boa estimativa de rendimento de polpa após o processamento.

Palavras chave: *Solanum lycopersicum*, desempenho agrônomico, híbrido experimental, processamento industrial.

4.2 Introdução

Mundialmente reconhecido como a segunda hortaliça mais produzida, o tomate (*S. lycopersicum*) é cultivado em todo o território nacional, apresentando um importante papel econômico e social por meio da geração de empregos e renda nas regiões onde o mesmo é inserido (FILGUEIRA, 2008). No ano de 2011 os

tomateiros brasileiros cultivaram 60.092 ha com esta cultura, alcançando uma produtividade média de 62,47 t ha⁻¹ e conseqüentemente uma produção total de 3,75 milhões de toneladas (IBGE, 2012). Aproximadamente 30% da produção total de tomate advêm de cultivares com aptidão industrial, cujos frutos são destinados a produção de sucos, extratos, molhos prontos, *catchups* e outros derivados (GAMEIRO et al., 2007). No ano de 2011, o Brasil foi considerado como o quinto maior produtor de tomate destinado a industrialização, com uma produção próxima de 2,0 milhões de toneladas (MELO et al., 2011).

Uma das principais modificações dentro do sistema produtivo do tomate, que alavancou a produção desta hortaliça no Brasil, foi a opção pela adoção de cultivares híbridas, que exploram os efeitos genéticos da heterose e vigor híbrido, apresentando como características a elevada produtividade, precocidade, excelentes características físico químicas, maturação concentrada, enfolhamento adequado e resistência as principais doenças desta cultura, quando comparada as cultivares de polinização aberta que na maioria das vezes são menos produtivas e apresentam frutos de qualidade inferior (RESENDE e COSTA, 2000; MALUF, 2001; MELO et al., 2011).

A cadeia produtiva do tomate industrial, requer o lançamento de novos híbridos, que agrupem concomitantemente características agrônômicas e de pós-colheita ideais para este segmento da tomaticultura (MELO, 2012). No entanto, devido ao baixo preço pela semente de tomate industrial, existe um desestímulo por parte das empresas de melhoramento, principalmente as de natureza privada na busca por novos híbridos de tomate que atenda os anseios dos produtores (MELO e VILELA, 2005).

Atualmente o melhoramento do tomateiro industrial é praticado basicamente por instituições públicas de ensino e pesquisa, que não dispõem de um volume de recursos necessários para a condução de suas pesquisas visando o lançamento de cultivares anualmente. Desta forma, o melhoramento encontra-se defasado, sendo que a principal forma praticada é a introdução de genótipos, importados pelas multinacionais, que são avaliados em grandes experimentos, onde os melhores genótipos acabam sendo recomendados de acordo com a região de melhor adaptação. Desta forma, justifica-se a criação de programas de melhoramento genético para o tomateiro industrial dentro do Brasil, que busquem a recombinação da variabilidade genética já existente em nosso país,

visando à obtenção de híbridos que apresentem boas características agronômicas, aliadas à elevada produtividade de frutos e a plena adaptação as condições edafoclimáticas brasileiras.

Nesse sentido, desenvolveu-se o presente trabalho, cujo objetivo principal foi avaliar o desempenho de genótipos experimentais de tomate industrial (linhagens e híbridos F₁) para características agronômicas e de pós-colheita, tidas como de interesse para o segmento de tomaticultura industrial, com intuito de encontrar genótipos experimentais superiores aos comerciais cultivados pelos agricultores.

4.3 Material e Métodos

4.3.1 Caracterização do local

O experimento foi conduzido na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Hortaliças - NUPH da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) localizada no município de Guarapuava – PR (25°22'59"S e 51°29'43"W e altitude 1100m). O clima da região é classificado como Cfb, segundo Köppen, com precipitações e temperaturas médias anuais de 18,2 °C e 1.800mm. O experimento foi conduzido sob um Latossolo Vermelho Distroférico durante os meses de setembro de 2011 a março de 2012.

4.3.2 Descrição dos tratamentos

Foram avaliados 57 genótipos de tomateiro com aptidão industrial, sendo estes subdivididos em 10 linhagens e 45 híbridos experimentais obtidos a partir de cruzamentos entre as linhagens, segundo um dialelo completo excluindo-se os efeitos recíprocos (CRUZ, 2010). Ainda, como testemunhas foram utilizados dois híbridos comerciais cultivados na região (AP-529 e Tinto).

As linhagens utilizadas pertencem ao programa de melhoramento genético do tomateiro da UNICENTRO e foram obtidas por meio de autofecundações e seleções a partir de genótipos comerciais com aptidão industrial. Esta seleção foi baseada em características morfológicas e produtivas, que levaram a seleção de dez linhagens superiores. As linhagens estão identificadas pela codificação RVTD-1009-01 a RVTD-

2009-10 e os híbridos simples experimentais receberam codificações de RVTD-2009-11 até RVTD-2009-55. Foram utilizados como testemunha os híbridos comerciais AP529 (ciclo de 120 dias, fruto tipo pera, massa média 85g, 4,99mm de espessura do mesocarpo e ótima cobertura foliar) (SEMINIS, 2012) e Tinto (frutos para processamento, ciclo de 120 dias, fruto tipo saladete, massa média 130g, 4,51mm de espessura do mesocarpo com ótima cobertura foliar dos frutos) (NUNHEMS, 2012).

Na primeira etapa realizaram-se os cruzamentos entre as dez linhagens obedecendo a metodologia proposta por Guerra e Bernal Filho (2012) com modificações, entre os meses de novembro de 2010 a julho de 2011. Na segunda etapa, os 45 híbridos experimentais obtidos por meio dos cruzamentos, foram avaliados no campo juntamente com os genitores e as testemunhas comerciais.

4.3.3 Delineamento experimental e tratamentos culturais

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, contendo 57 tratamentos com três repetições. Cada unidade experimental constou de duas linhas de plantio contíguas, espaçadas 1,30m uma da outra, contendo em cada linha dez plantas, com 0,35m de espaçamento uma da outra. A área útil do experimento utilizado para a coleta de dados foi de 5,46 m².

Realizou-se a semeadura dos tratamentos no dia 27 de setembro de 2011 em bandejas de poliestireno com 200 células, preenchidas com substrato comercial Plantimax[®]. Após sete dias de semeadura (04 de outubro) observou-se o início da emergência das plantas, as quais foram mantidas em casa de vegetação durante o período de 36 dias até atingirem cerca de 0,15 m de altura. Durante o período de permanência das mudas na casa de vegetação, as irrigações foram feitas por meio de um sistema de aspersão automático, programado para duas irrigações diárias, com duração de cinco minutos cada.

O transplantio das mudas foi realizado no dia 02 de novembro de 2011. Realizaram-se três adubações durante o ciclo da cultura sendo a primeira no transplantio, a segunda no início da floração (30 DAT) e a terceira e última durante a frutificação plena (65 DAT) de acordo com a análise de solo (Quadro 1) e o recomendado para a cultura do tomateiro (FILGUEIRA, 1999).

Quadro 1 - Resultado da análise química do solo experimental, cujos valores foram utilizados na recomendação de adubação NPK para a cultura do tomateiro rasteiro.

Profun.	pH	Ca	Mg	K	Na	Al	H+Al	CTC total	SB	P*	MO	V
cm	CaCl ₂	cmolc dm ⁻³									mg dm ⁻³	%
0 – 20	5,7	6,4	2,6	0,29	0	0	2,90	12,15	9,25	15,1	28,2	76,1

* P: extrator utilizado foi Mehlich

Na primeira adubação foram aplicados 20 kg N ha⁻¹, 420 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 100 kg K₂O ha⁻¹. O nutriente fósforo foi aplicado em área total enquanto o nitrogênio e o potássio foram aplicados em forma de coroa ao redor do colo das plantas. Na segunda adubação (30 DAT) aplicou-se próximo ao colo das plantas 40 kg N ha⁻¹, 180 kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60 kg K₂O ha⁻¹. Na terceira e última adubação, aplicou-se 40 kg N ha⁻¹ e 40 kg K₂O ha⁻¹ ao redor do colo das plantas, afastando-se as hastes manualmente. Em todas as adubações utilizou-se como fonte de nitrogênio, fósforo e potássio o sulfato de amônio (21% N), super fosfato simples (18% P₂O₅ + 12% Ca) e cloreto de potássio (61% K₂O), respectivamente.

A irrigação foi realizada duas vezes por semana, por meio de um sistema de aspersão. Cerca de 20 dias antes do início da colheita suspendeu-se a irrigação, evitando possíveis influências da umidade do solo nos resultados de produção e pós-colheita do experimento. As plantas daninhas foram controladas manualmente, através de quatro capinas manuais. O controle de pragas e doenças foi realizado semanalmente, com aplicações combinadas de inseticidas (Engeo Pleno[®], Pirate[®], Evidence[®], Akito[®], Karate[®]) e fungicidas (Cuprocarb[®], Dithane[®], Manzate[®], Ridomil Gold[®], Kaptana[®], Rovral[®]).

4.3.4 Características avaliadas

As características avaliadas foram divididas em: características relacionadas à produção, ciclo, enfolhamento das plantas, características morfológicas e pós-colheita dos frutos.

4.3.4.1 Características produtivas

Realizaram-se oito colheitas ao longo de todo o experimento. Os frutos de tomateiro em ponto ideal de colheita ($\pm 80\%$ da superfície com coloração vermelha intensa) foram

colhidos e classificados em frutos comerciais e não comerciais segundo a classificação proposta por Giordano et al., 2000. Em seguida, os frutos comerciais foram subdivididos visualmente em frutos grandes (>80g), médios (79 a 60g) e pequenos (<59g) (SELEGUINI, 2005). Com base nestas informações calcularam-se as seguintes características: **Produtividade total (PT)**: calculado com base no somatório do peso total de frutos colhidos na parcela (kg ha^{-1}). **Produtividade comercial (PC)**: o peso total dos frutos comerciáveis (grandes, médios e pequenos) foi somado, obtendo-se a produtividade total de frutos comerciáveis (kg ha^{-1}). **Número de frutos por planta (NFP)**: feita a relação entre o número total de frutos produzidos pelo número de plantas da parcela. **Massa média dos frutos (MM)**: relação entre o peso total dos frutos pelo número total de frutos produzidos.

4.3.4.2 Ciclo

Com base na data de semeadura, emergência das plântulas, início do florescimento e colheita dos genótipos, calcularam-se as seguintes características relacionadas ao ciclo: **Número de dias para antese (NDA)**: número de dias entre o transplântio até o início da antese das plantas. **Número de dias para maturação do fruto (NDMF)**: número de dias entre a antese e a colheita do fruto ($\pm 80\%$ da superfície com coloração vermelha intensa). **Ciclo total (CT)**: número de dias entre a semeadura e o início da colheita dos frutos (semeadura – emergência – crescimento vegetativo – crescimento reprodutivo – colheita).

4.3.4.3 Enfolhamento

Foi avaliado o enfolhamento médio das plantas (NEF) por meio de três avaliações a cada cinco dias, realizadas por três avaliadores durante a plena frutificação das plantas. Utilizou-se uma escala de notas percentual, conforme a seguir: **Nota 1**: plantas com enfolhamento mínimo, frutos totalmente descobertos e expostos a radiação solar, presença de escaldadura superficial (enfolhamento entre 0 a 20%). **Nota 2**: plantas com poucas folhas e apenas alguns frutos protegidos da radiação. A escaldadura superficial dos frutos pode ser observada (21 a 40%). **Nota 3**: plantas com enfolhamento intermediário, frutos cobertos pela folhagem e protegidos da radiação (41 a 60%). **Nota 4**: plantas com enfolhamento bom, sendo possível a visualização de poucos frutos em meio a folhagem, com quase nenhum fruto exposto (61 a 80%). **Nota 5**: plantas muito enfolhadas, com todos

os frutos cobertos pela folhagem, sendo quase que impossível a visualização dos frutos no interior da planta (acima de 81%).

4.3.4.4 Morfologia dos frutos

Durante a terceira colheita (26 de fevereiro de 2012) foram coletados 15 frutos de cada parcela para a tomada de medidas correspondentes a características morfológicas dos frutos. **Diâmetro da cicatriz peduncular (DCP):** com o paquímetro digital, mediu-se o diâmetro da cicatriz peduncular, correspondente à sua maior distância. **Comprimento (C), largura (L) e relação (C/L):** também com o paquímetro mediu-se o comprimento e largura de cada um dos frutos amostrados. Com base nestes valores calculou-se a relação entre o comprimento e largura dos frutos. **Espessura do mesocarpo (EM):** com o paquímetro, mediu-se a espessura do mesocarpo nas regiões superiores, medianas e inferior do fruto seccionado. **Número de lóculos (NL):** contou-se o número de lóculos dos frutos amostrados e seccionados. **Formato do fruto (FF) e da região terminal (FRTF):** utilizou-se uma escala diagramática que classifica os frutos de tomate de acordo com seu formato. As escala variou de 1 até 9 (anexo 1), enquanto que para a o formato da região terminal as notas variaram de 1 até 3 (anexo 2). **Índice de coloração externa (ICEF) e interna (ICIF) do fruto:** visualmente foi atribuída nota para coloração da superfície externa e interna de frutos. As notas utilizadas foram: nota 3: frutos com coloração amarelo alaranjada; nota 5: frutos vermelhos; nota 7: frutos de coloração vermelho intenso (Anexo 3).

4.3.4.5 Pós-colheita

Durante a terceira colheita (26 de fevereiro de 2012) coletaram-se 10 frutos com \pm 80% da superfície com a coloração vermelha intensa. Esses frutos foram lavados em água corrente, com o intuito de retirar sujeiras e impurezas aderidas ao fruto. Em seguida avaliaram-se as seguintes características: **Firmeza dos frutos (FIR):** retirava-se uma pequena parte da epiderme do fruto na sua região equatorial, e com o auxílio de um penetrômetro de bancada digital (ponta metálica de 6mm) aferiu-se a firmeza dos frutos. A firmeza é dada em Newton (N) de força. Logo, quanto maior a força necessária para a inserção do equipamento no fruto maior a firmeza do mesmo. **Teor total de sólidos solúveis (SS):** cinco frutos foram cortados verticalmente e suas sementes foram retiradas.

Os frutos foram homogeneizados em liquidificador, e em seguida foram feitas cinco medidas do teor de sólidos solúveis com auxílio de refratômetro de bancada digital.

Rendimento de polpa (RP): Com base na produtividade total e teor de sólidos solúveis, estimou-se o rendimento de polpa considerando 28 °Brix de cada genótipo. Para isso utilizou-se a equação proposta por Giordano et al. (2000), representada a seguir:

$$RP = [(PT (kg ha^{-1}) * 0,95) * SS] / 28 \quad \text{em que:}$$

RP: rendimento de polpa após a industrialização dos frutos, concentrada 28 °Brix (kg ha⁻¹);

PT: produtividade total de frutos obtida no experimento (kg ha⁻¹); *SS*: valor de sólidos solúveis obtidos para cada característica (°Brix).

4.3.5 Análises estatísticas

Estimou-se os erros associados aos tratamentos para as seguintes variáveis respostas PT, PC, RP, NFP, MM, NDA, NDMF, CT, NEF, DCP, EM, FIR, SS. Posteriormente, submeteram-se estes erros ao teste dos pressupostos básicos da análise de variância, visando testar a normalidade por Shapiro Wilk (P<0,05) e a homogeneidade das variâncias por Luene (P<0,05). Após constatar a aptidão dos erros frente aos pressupostos básicos, submeteu-se os valores referentes às variáveis respostas ditas anteriormente a análise de variância (teste de F, P<0,05) típica de um experimento conduzido em blocos completos ao acaso, com apenas uma observação por unidade experimental. O modelo estatístico segue descrito abaixo:

$$Y_{ij} = mg + t_i + b_j + e_{ij} \quad \text{em que}$$

Y_{ij}: é o valor observado para a variável em estudo referente ao tratamento *i* no bloco *j*;

mg: média geral; *t_i*: é o efeito do tratamento *i*; *b_j*: é o efeito do bloco *j*; *e_{ij}*: é o erro associado a observação *Y_{ij}*.

As médias dos tratamentos para cada característica foram agrupadas pelo teste de Scott Knott (p≤0,05) utilizando-se como ferramenta computacional o programa Genes (CRUZ, 2001).

4.4 Resultados e Discussão

De acordo com a análise de variância (Tabela 1) houve diferenças significativamente os genótipos para a maioria das características avaliadas de acordo com o teste de F ($P < 0,05$), de modo que os genótipos de tomateiro apresentam comportamento diferenciado frente as características agronômicas e de pós-colheita estudadas neste trabalho.

Tabela 1 - Resumo na análise de variância (Anova) com valores de quadrado médio (QM) para características agronômicas e de pós-colheita, de 57 genótipos de tomateiro com aptidões industriais avaliados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

FV	GL	QM						
		PT	PC	MMF	NFP	CT	NDA	NDMF
Genótipo	56	321.016.802*	247.197.032*	320,40*	199,51*	12,46*	7,17*	3,84*
Bloco	2	17.990.557	16.672.591	374,80	373,08	16,88	3,07	6,53
Resíduo	112	22.951.369	23.290.157	40,25	50,66	3,50	2,42	1,91
Total	170	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)	-	8,28	9,27	9,58	16,87	1,58	2,15	2,91
FV	GL	QM						
		NEP	EM	DCP	RP	FIR	SS	
Genótipo	56	1,19*	3,31*	24,71 ^{ns}	8.589.666*	9,62*	0,29*	
Bloco	2	1,64	0,48	11,43	235.665,15	104,35	0,00	
Resíduo	112	0,38	0,83	20,23	498.498	3,67	0,0071	
Total	170	-	-	-	-	-	-	
CV (%)	-	18,88	10,67	47,48	8,69	32,46	2,03	

^{ns} e * não significativo e significativo pelo teste de F ($P < 0,05$) respectivamente. PT: produtividade total; PC: produtividade comercial; MMF: massa média de fruto; NFP: número de frutos por planta; CT: ciclo total; NDA: número de dias para a antese; NDMF: número de dias para a maturação do fruto; EM: espessura do mesocarpo; DCP: diâmetro da cicatriz peduncular; RP: rendimento de polpa após a industrialização; NEP: nota enfolhamento das plantas; FIR: firmeza de frutos; SS: sólidos solúveis.

4.4.1 Características produtivas

Todos componentes de produtividade da cultura do tomate apresentaram resultados significativos pelo teste de F ($P < 0,05$) (Tabela 1). Para a produtividade total, os genótipos se dividiram em seis grupos de acordo com o teste de Scott Knott, apresentando média geral de 57.868 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Os híbridos experimentais RVTD-2009-53 e RVTD-2009-52 apresentaram as maiores produtividades, 84.370 kg ha⁻¹ e 80.370 kg ha⁻¹ respectivamente, não diferindo significativamente entre si (Tabela 2) e superando os híbridos comerciais utilizados como testemunhas (Tabela 2). O híbrido RVTD-2009-53 superou o híbrido Tinto em 24.820 kg ha⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimativas de produtividade total (PT), comercial (PC) e rendimento de polpa (RP) de frutos de tomateiro com aptidão industrial produzidos em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Genótipo	Produtividade			Genótipo	Produtividade								
	PT	PC	RP		PT	PC	RP						
	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹						
RVTD-2009-01	35.172	f	29.208	e	4.853	e	RVTD-2009-30	53.108	d	47.751	d	6.967	d
RVTD-2009-02	40.138	f	37.944	e	5.763	e	RVTD-2009-31	46.037	e	42.828	d	6.039	e
RVTD-2009-03	55.829	d	49.624	d	7.766	c	RVTD-2009-32	65.976	c	59.723	c	10.375	b
RVTD-2009-04	38.539	f	37.578	e	5.361	e	RVTD-2009-33	50.752	d	46.149	d	7.797	c
RVTD-2009-05	48.431	d	45.387	d	6.836	d	RVTD-2009-34	60.584	c	56.919	c	8.633	c
RVTD-2009-06	43.415	e	38.708	e	5.938	e	RVTD-2009-35	59.919	c	54.764	c	8.395	c
RVTD-2009-07	60.799	c	54.730	c	7.910	c	RVTD-2009-36	51.683	d	48.811	d	7.540	c
RVTD-2009-08	50.755	d	45.032	d	8.027	c	RVTD-2009-37	56.321	c	50.539	d	6.370	d
RVTD-2009-09	40.355	f	35.933	e	5.846	e	RVTD-2009-38	70.762	b	61.696	b	9.363	b
RVTD-2009-10	43.892	e	38.481	e	6.999	d	RVTD-2009-39	58.476	c	52.147	c	8.070	c
RVTD-2009-11	55.254	d	52.837	c	7.506	c	RVTD-2009-40	66.654	c	60.421	c	10.190	b
RVTD-2009-12	62.191	c	49.330	d	8.791	c	RVTD-2009-41	73.464	b	68.234	b	10.005	b
RVTD-2009-13	45.762	e	40.521	e	6.470	d	RVTD-2009-42	66.000	c	59.112	c	10.006	b
RVTD-2009-14	71.863	b	63.933	b	11.540	a	RVTD-2009-43	76.408	b	63.147	b	11.094	a
RVTD-2009-15	56.806	c	51.050	c	7.580	c	RVTD-2009-44	60.714	c	56.308	c	8.253	c
RVTD-2009-16	55.037	d	50.232	d	7.030	d	RVTD-2009-45	61.730	c	54.791	c	8.933	b
RVTD-2009-17	60.809	c	53.580	c	7.792	c	RVTD-2009-46	64.625	c	58.600	c	8.684	c
RVTD-2009-18	52.478	d	51.501	c	7.006	d	RVTD-2009-47	61.022	c	56.471	c	9.523	b
RVTD-2009-19	50.923	d	46771	d	6.911	d	RVTD-2009-48	58.557	c	52.447	c	7.340	c
RVTD-2009-20	77.117	b	70.657	a	11.774	a	RVTD-2009-49	47.035	e	41.184	e	6.273	d
RVTD-2009-21	59.738	c	55.648	c	7.499	c	RVTD-2009-50	50.927	d	45.854	d	6.802	d
RVTD-2009-22	56.657	c	52.619	c	7.252	c	RVTD-2009-51	62.004	c	57.668	c	8.067	c
RVTD-2009-23	56.602	c	52.344	c	8.328	c	RVTD-2009-52	80.370	a	77.056	a	12.668	a
RVTD-2009-24	52.360	d	47.264	d	8.345	c	RVTD-2009-53	84.370	a	67.911	b	11.741	a
RVTD-2009-25	61.148	c	54.528	c	9.892	b	RVTD-2009-54	66.647	c	57.577	c	9.198	b
RVTD-2009-26	62.735	c	53.070	c	8.293	c	RVTD-2009-55	65.904	c	59.142	c	9.316	b
RVTD-2009-27	60.799	c	54.300	c	8.109	c	AP-529	44.372	e	40.313	e	6.172	e
RVTD-2009-28	57.738	c	53.335	c	7.513	c	Tinto	59.550	c	47.907	d	7.543	c
RVTD-2009-29	61.872	c	55.830	c	8.396	c	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	Média	57.868		52.061		8.120	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste estatístico de Scott Knott (P<0,05).

A média brasileira de produtividade para o tomate rasteiro fica entre 75 a 80 t ha⁻¹ (ABCSEM, 2010). Desta forma, apenas os híbridos RVTD-2009-43 (76,40 t ha⁻¹), RVTD-2009-20 (77,11 t ha⁻¹), RVTD-2009-52 (80,37 t ha⁻¹) e RVTD-2009-53 (84,37 t ha⁻¹) apresentaram produtividade equivalente à média nacional (Tabela 2). De maneira geral, os resultados de produtividade do tomate industrial encontrados na literatura têm apresentado variação considerável, com produtividades variando desde 14 t ha⁻¹ até 124,31 t ha⁻¹, sendo que os fatores responsáveis por esta amplitude de resultados são condições edafoclimáticas e a constituição genotípica das plantas utilizadas (BRAZ et al., 1991; SATURNINO et al.,

1993; PEIXOTO et al., 1999; TABORDA et al. 1997; ARAGÃO et al., 2004; SELEGUINI, 2005; GALVÃO, 2011).

Schwarz et al. (2010) avaliaram 12 híbridos comerciais de tomate rasteiro na região Centro-Sul do Paraná e observaram que a produtividade variou de 37,18 t ha⁻¹ a 112,52 t ha⁻¹. Estes resultados provam que os valores de produtividade observados no presente trabalho estão de acordo com os valores obtidos para a região, uma vez que a produtividade variou de 35.17 t ha⁻¹ até 84,37 t ha⁻¹ nos genótipos experimentais RVTD-2009-01 e RVTD-2009-53 respectivamente (Tabela 2). Estes mesmos autores também relataram que os híbridos AP-529 e Tinto apresentaram produtividades de 42,40 t ha⁻¹ e 68,75 t ha⁻¹ respectivamente, sendo bastante próxima das produtividades obtidas neste experimento, em que o híbrido AP-529 produziu 44.37 t ha⁻¹ enquanto Tinto atingiu valores de 59,55 t ha⁻¹ (Tabela 2). Nessa mesma região, Galvão (2013) observou que o híbrido comercial AP-529 foi um dos híbridos mais produtivos, produzindo 87,44 t ha⁻¹ atingindo uma produtividade muito superior a observada neste experimento que foi de 44.37 t ha⁻¹ (Tabela 2).

A produtividade comercial média dos genótipos foi de 52.061 kg ha⁻¹, sendo que os genótipos se dividiram em cinco grupos (Tabela 2). O híbrido RVTD-2009-52 se destacou quanto à produtividade comercial (77.056 kg ha⁻¹), porém não diferiu significativamente do híbrido experimental RVTD-2009-20 que produziu 70.657 kg ha⁻¹ (Tabela 2). Em contrapartida, a linhagem RVTD-2009-01 liderou o grupo de genótipos de pior produtividade comercial, produzindo 29.208 kg ha⁻¹.

Quanto as estimativas de rendimento de polpa, os genótipos reuniram-se em cinco grupos, e a média geral foi de 8.120 kg ha⁻¹ (Tabela 2). O híbrido RVTD-2009-52 se destacou quanto à estimativa de rendimento de polpa (12.668 kg ha⁻¹) e não diferiu significativamente dos genótipos RVTD-2009-14 (11.540), RVTD-2009-43 (11.094) e RVTD-2009-53 (11.741) (Tabela 2). A linhagem RVTD-2009-01 novamente apresentou a menor estimativa para o rendimento de polpa dentre todos os genótipos de experimento (4.853 kg ha⁻¹) (Tabela 2).

A quantidade de polpa após a industrialização é o resultado da produtividade total combinado ao teor de sólidos solúveis dos frutos (GIORDANO et al., 2000). Logo, não basta que o genótipo seja apenas produtivo, pois o mesmo deve conter um teor elevado de sólidos solúveis para que possua bom rendimento de polpa (MELO, 2012). Aragão et al.

(2004) observaram valores de rendimento de polpa em genótipos de tomate industrial variando entre 17,40 t ha⁻¹ a 10,41 t ha⁻¹. Estes autores confirmam a necessidade de se buscar novos híbridos de tomateiro com bom rendimento de polpa associando produtividade com teor de sólidos solúveis.

Para a massa média dos frutos dos genótipos variaram de 46,46 g até 104,40g (Tabela 3). Trabalhos com tomate industrial encontrados na literatura mostram ampla variação nos valores de massa média de fruto de genótipos de tomateiro, variando desde 30g até 110,96g (SATURNINO et al., 1993; PEIXOTO et al., 1999; RESENDE e COSTA, 2000; SELEGUINI, 2005; SCHWARZ, 2010; GALVÃO 2011).

Tabela 3 – Massa média de frutos (MM) e número de frutos por planta (NFP) em genótipos de tomateiro com aptidões industriais, cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Genótipo	MM		NFP		Genótipo	MMF		NFP	
	g fruto ⁻¹		f. planta ⁻¹			g fruto ⁻¹		f. planta ⁻¹	
RVTD-2009-01	80,78	c	27,32	d	RVTD-2009-30	72,49	c	38,88	c
RVTD-2009-02	56,34	d	36,85	c	RVTD-2009-31	71,77	c	43,58	b
RVTD-2009-03	74,23	c	29,73	d	RVTD-2009-32	66,56	d	46,14	b
RVTD-2009-04	67,96	c	32,09	d	RVTD-2009-33	57,73	d	41,03	c
RVTD-2009-05	56,71	d	39,25	c	RVTD-2009-34	67,38	c	42,78	b
RVTD-2009-06	74,22	c	31,03	d	RVTD-2009-35	68,92	c	40,47	c
RVTD-2009-07	57,35	d	40,38	c	RVTD-2009-36	69,21	c	40,42	c
RVTD-2009-08	57,54	d	47,37	b	RVTD-2009-37	59,81	d	48,06	b
RVTD-2009-09	46,46	d	40,46	c	RVTD-2009-38	63,01	d	48,48	b
RVTD-2009-10	63,14	d	30,08	d	RVTD-2009-39	59,58	d	46,20	b
RVTD-2009-11	77,53	c	32,62	d	RVTD-2009-40	77,36	c	41,83	c
RVTD-2009-12	88,34	b	27,46	d	RVTD-2009-41	71,93	c	47,70	b
RVTD-2009-13	69,75	c	30,04	d	RVTD-2009-42	61,86	d	50,45	b
RVTD-2009-14	65,72	d	47,55	b	RVTD-2009-43	65,46	d	48,38	b
RVTD-2009-15	88,10	b	38,31	c	RVTD-2009-44	48,21	d	64,35	a
RVTD-2009-16	77,30	c	34,73	d	RVTD-2009-45	68,56	c	42,42	b
RVTD-2009-17	75,00	c	37,93	c	RVTD-2009-46	80,91	c	38,17	c
RVTD-2009-18	59,94	d	41,64	c	RVTD-2009-47	71,27	c	42,53	b
RVTD-2009-19	69,94	c	38,04	c	RVTD-2009-48	55,75	d	48,96	b
RVTD-2009-20	60,68	d	48,93	d	RVTD-2009-49	74,58	c	31,07	d
RVTD-2009-21	60,40	d	46,36	b	RVTD-2009-50	62,80	d	40,43	c
RVTD-2009-22	54,19	d	48,61	b	RVTD-2009-51	56,90	d	50,89	b
RVTD-2009-23	60,61	d	43,22	b	RVTD-2009-52	67,19	c	55,13	b
RVTD-2009-24	55,20	d	47,88	b	RVTD-2009-53	52,31	d	68,67	a
RVTD-2009-25	62,79	d	46,24	b	RVTD-2009-54	68,98	c	42,35	b
RVTD-2009-26	59,92	d	45,10	b	RVTD-2009-55	60,15	d	45,36	b
RVTD-2009-27	64,95	d	46,76	b	AP-529	56,24	d	35,45	c
RVTD-2009-28	67,68	c	40,18	c	Tinto	104,40	a	29,93	d
RVTD-2009-29	59,88	d	48,37	b	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	Média	66,21		42,22	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste estatístico de Scott Knott (P<0,05).

O híbrido Tinto apresentou a maior massa média de frutos (104,40 g fruto⁻¹) diferindo significativamente de todos os demais genótipos (Tabela 3) e posicionando-se bem acima da média geral do experimento (66,21 g fruto⁻¹), indicativo da superioridade do híbrido Tinto em produzir frutos de tamanho superior em relação aos demais genótipos. A superioridade de massa média do híbrido Tinto não foi suficiente para que o mesmo obtivesse a maior produtividade do experimento, uma vez que este foi considerado como um genótipo de desempenho médio em relação aos outros genótipos avaliados.

Resultados encontrados por Schwarz et al. (2010) evidenciaram valores similares de massa média para o híbrido Tinto (87 g fruto⁻¹). Em contrapartida, a linhagem experimental RVTD-2009-09 se destacou no grupo de genótipos com menor massa média de frutos (46,46 g fruto⁻¹).

Quanto ao número de frutos por planta, os genótipos se agruparam em quatro grupos distintos, com média geral de 42,22 frutos planta⁻¹ (Tabela 3). Seleguini et al. (2007) afirmaram que a melhor maneira das cultivares de tomate industrial aumentar a produtividade é por meio do aumento do número de frutos por planta. Logo, com base nos resultados obtidos neste experimento, o híbrido RVTD-2009-53 que foi o genótipo com o maior número de frutos produzidos por planta (68,67) (Tabela 3) também foi o mais produtivo do experimento (84.370) (Tabela 2), reforçando a afirmação de Seleguini et al. (2007) em que genótipos de tomateiro industrial preferencialmente devem apresentar um maior número de frutos por planta. A linhagem RVTD-2009-01 apresentou a menor quantidade de frutos por planta (27,32) (Tabela 3).

4.4.2 Ciclo

Para todas as características relacionadas ao ciclo foram observadas diferenças significativas entre os 57 genótipos (Tabela 1). Os genótipos iniciaram a antese 73 dias após a semeadura (Tabela 4). Os genótipos RVTD-2009-01 e RVTD-2009-31 foram os mais tardios quanto ao início da antese (76,66 dias). Todavia, os genótipos RVTD-2009-36, RVTD-2009-22, RVTD-2009-18, RVTD-2009-27, RVTD-2009-30, RVTD-2009-48, RVTD-2009-14 e RVTD-2009-34 foram os que se destacaram com a antese mais precoce (71 dias) (Tabela 4).

Tabela 4 - Ciclo total (CT), número de dias para a antese (NDA) e número de dias entre a antese e maturação do fruto (NDMF) de genótipos de tomateiro de hábito determinado, com aptidões industriais cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Genótipo	NDA (dias)		NDMF (dias)		CT (dias)	Genótipo	NDA (dias)		NDMF (dias)		CT (dias)	
RVTD-2009-01	76,66	a	46	b	122,66	RVTD-2009-30	71	c	49,33	a	120,33	c
RVTD-2009-02	71,33	c	49,33	a	120,66	RVTD-2009-31	76,66	a	50	a	126,66	a
RVTD-2009-03	73,33	b	50	a	124,33	RVTD-2009-32	71,66	c	50,33	a	122	c
RVTD-2009-04	72,66	c	47,33	b	120	RVTD-2009-33	71,66	c	50,33	a	122	c
RVTD-2009-05	72,66	c	48,33	b	121	RVTD-2009-34	71	c	48,33	b	119,33	c
RVTD-2009-06	72	c	49	b	121	RVTD-2009-35	71,66	c	48,66	b	120,66	c
RVTD-2009-07	71,33	c	48,33	b	119,66	RVTD-2009-36	71	c	48,33	b	119,33	c
RVTD-2009-08	72,33	c	49,33	a	121,66	RVTD-2009-37	71,33	c	47,33	b	118,66	c
RVTD-2009-09	74,66	b	49	b	123,66	RVTD-2009-38	73,33	b	49	b	122,33	b
RVTD-2009-10	72,66	c	48,33	b	121	RVTD-2009-39	71,66	c	49	b	120,66	c
RVTD-2009-11	72,66	c	51	a	123,66	RVTD-2009-40	72,33	c	50	a	122,33	b
RVTD-2009-12	75,66	a	50,33	a	126	RVTD-2009-41	71,33	c	49,33	a	120,66	c
RVTD-2009-13	75,66	a	50,66	a	126,33	RVTD-2009-42	72	c	49,66	a	121,66	c
RVTD-2009-14	71	c	50	a	121	RVTD-2009-43	74,33	b	49,66	a	124	b
RVTD-2009-15	76,33	a	51,33	a	127,66	RVTD-2009-44	71,33	c	48,33	b	119,66	c
RVTD-2009-16	71,33	c	47,33	b	118,66	RVTD-2009-45	72	c	48,66	b	120,66	c
RVTD-2009-17	73,66	b	51,	a	124,66	RVTD-2009-46	73,33	b	48,66	b	122	b
RVTD-2009-18	71	c	50,66	a	121,66	RVTD-2009-47	72	c	50	a	122,00	c
RVTD-2009-19	73	c	50	a	123	RVTD-2009-48	71	c	48,66	b	119,66	c
RVTD-2009-20	71,66	c	48,66	b	120,33	RVTD-2009-49	73,33	b	49,33	a	122,66	b
RVTD-2009-21	73,33	b	47,66	b	121	RVTD-2009-50	73,66	b	50,33	a	124	b
RVTD-2009-22	71	c	49,33	a	120,33	RVTD-2009-51	72	c	47,33	b	119,33	c
RVTD-2009-23	72	c	47	b	119	RVTD-2009-52	73,66	b	49,33	a	123	b
RVTD-2009-24	72,33	c	48,33	b	120,66	RVTD-2009-53	71,66	c	50,66	a	122,33	b
RVTD-2009-25	73	c	48,66	b	121,66	RVTD-2009-54	74,66	b	48,33	b	123	b
RVTD-2009-26	71,66	c	51	a	122,66	RVTD-2009-55	71,33	c	49	b	120,33	c
RVTD-2009-27	71	c	49	b	120	AP-529	71,66	c	48,66	b	120,33	c
RVTD-2009-28	75,00	a	49,33	a	124,33	Tinto	72	c	50,33	b	122,33	b
RVTD-2009-29	73,33	b	50	a	123,33	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	Média	72,63		49,18		121,81	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste estatístico de Scott Knott (P<0,05).

Os genótipos necessitaram, em média, de 49 dias para que os frutos completassem o ciclo, desde a antese até atingirem o ponto de colheita (Tabela 5). O grupo de genótipos com menor número de dias necessários para formar um fruto pronto para ser colhido foi liderado pela linhagem RVTD-2009-01 (46 dias) (Tabela 4).

Quanto ao ciclo total, em média os genótipos necessitaram de 121,82 dias para atingir o ponto de colheita (Tabela 4). O genótipo mais precoces foi híbrido RVTD-2009-23, que necessitou de 119 dias para iniciar a colheita dos frutos (Tabela 4). Em contrapartida, o híbrido RVTD-2009-15 foi o genótipo mais tardio, necessitando de 127,66 dias para iniciar a colheita (Tabela 4).

4.4.3 Enfolhamento

O enfolhamento das plantas de tomate é uma característica de extrema importância para a produção de frutos com alta qualidade industrial. Assim, quanto maior a densidade de folhas maior será a proteção dos frutos contra a radiação solar. A nota média de enfolhamento dos genótipos foi de 3,29 (Tabela 5). Logo, o genótipo com a maior nota média foi RVTD-2009-01 (4,77) (Tabela 5). Em contrapartida, a linhagem experimental RVTD-2009-07 apresentou a menor nota de enfolhamento (1,63) (Tabela 5).

Vale ressaltar que na escala percentual de notas adotada, o valor 1 indica enfolhamento médio entre 1 a 20% enquanto que na nota 5 o enfolhamento das plantas é maior que 80%. Não foi observada nenhuma nota média igual a 5,0 entre os genótipos, mas alguns genótipos se aproximaram deste valor, indicando bom enfolhamento destas plantas.

4.4.4 Morfologia dos frutos

Quanto à espessura do mesocarpo, os genótipos apresentaram uma média de 8,57mm de espessura de parede (Tabela 5). No entanto, o híbrido RVTD-2009-16 foi o genótipo com a maior espessura de mesocarpo (12,34mm) diferindo significativamente de todos os demais genótipos. Cerca da metade dos genótipos foram agrupadas no grupo com menor espessuras de mesocarpo, em que os valores variaram desde 6,25 mm no híbrido experimental RVTD-2009-44 até 8,53 mm na linhagem experimental RVTD-2009-03 (Tabela 5).

A cicatriz do pedúnculo é uma característica que reduz o valor comercial dos frutos. Assim, quanto maior o tamanho desta cicatriz mais renegado pelo mercado consumidor o fruto tende a ser (MELO, 2012). Não foi observada diferença significativa entre os genótipos de tomateiro considerados neste estudo, sendo que em média os genótipos apresentaram uma cicatriz do pedúnculo com diâmetro de 9,35mm (Tabela 5).

Tabela 5 – Nota de enfolhamento (NEF), espessura do mesocarpo (EM) e diâmetro da cicatriz peduncular (DCP) em genótipos de tomateiro de hábito determinado com aptidões industriais cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Genótipo	NEF nota	EM mm	DCP mm	Genótipo	NEF nota	EM mm	DCP mm						
RVTD-2009-01	4,77	a	8,47	d	6,55	a	RVTD-2009-30	3,22	b	8,75	c	8,64	a
RVTD-2009-02	2,66	b	7,29	d	7,99	a	RVTD-2009-31	3,62	a	9,06	c	9,29	a
RVTD-2009-03	3,55	a	8,53	d	8,89	a	RVTD-2009-32	3,63	a	9,27	c	9,10	a
RVTD-2009-04	2,89	b	9,99	b	9,11	a	RVTD-2009-33	2,85	b	7,83	d	8,65	a
RVTD-2009-05	2,77	b	7,34	d	9,46	a	RVTD-2009-34	2,66	b	8,18	d	8,58	a
RVTD-2009-06	3,33	a	8,83	c	8,93	a	RVTD-2009-35	3,66	a	7,95	d	10,89	a
RVTD-2009-07	1,63	b	8,97	c	8,53	a	RVTD-2009-36	2,59	b	8,50	d	9,80	a
RVTD-2009-08	3,03	b	7,97	d	8,73	a	RVTD-2009-37	2,40	b	8,79	c	9,02	a
RVTD-2009-09	4,11	a	6,61	d	9,25	a	RVTD-2009-38	4,00	a	8,81	c	9,13	a
RVTD-2009-10	2,18	b	8,22	d	8,14	a	RVTD-2009-39	2,85	b	9,25	c	9,54	a
RVTD-2009-11	3,29	a	9,72	c	11,41	a	RVTD-2009-40	3,70	a	9,13	c	10,47	a
RVTD-2009-12	3,40	a	7,37	d	6,45	a	RVTD-2009-41	3,29	a	8,88	c	8,37	a
RVTD-2009-13	4,74	a	9,52	c	10,73	a	RVTD-2009-42	3,81	a	8,62	c	8,44	a
RVTD-2009-14	3,77	a	9,00	c	9,36	a	RVTD-2009-43	3,99	a	10,62	b	9,03	a
RVTD-2009-15	4,22	a	9,00	c	10,78	a	RVTD-2009-44	2,59	b	6,25	d	7,85	a
RVTD-2009-16	3,48	a	12,34	a	11,24	a	RVTD-2009-45	2,92	b	9,90	b	9,04	a
RVTD-2009-17	4,11	a	8,74	c	8,76	a	RVTD-2009-46	4,03	a	8,66	c	9,11	a
RVTD-2009-18	2,74	b	7,71	d	11,13	a	RVTD-2009-47	3,44	a	10,32	b	8,54	a
RVTD-2009-19	3,11	b	8,92	c	9,07	a	RVTD-2009-48	2,89	b	7,82	d	9,47	a
RVTD-2009-20	3,40	a	8,10	d	9,68	a	RVTD-2009-49	3,22	b	10,45	b	8,44	a
RVTD-2009-21	2,66	b	9,39	c	8,60	a	RVTD-2009-50	4,26	a	9,46	c	9,65	a
RVTD-2009-22	2,70	b	7,73	d	8,27	a	RVTD-2009-51	2,66	b	7,30	d	8,10	a
RVTD-2009-23	2,85	b	7,85	d	8,37	a	RVTD-2009-52	3,37	a	8,24	d	8,37	a
RVTD-2009-24	2,96	b	8,10	d	8,69	a	RVTD-2009-53	3,81	a	7,28	d	8,45	a
RVTD-2009-25	3,92	a	7,72	d	8,04	a	RVTD-2009-54	3,66	a	9,08	c	9,20	a
RVTD-2009-26	3,70	a	7,62	d	9,22	a	RVTD-2009-55	2,74	b	7,78	d	9,23	a
RVTD-2009-27	2,48	b	9,35	c	8,18	a	AP-529	2,62	b	8,11	d	7,76	a
RVTD-2009-28	3,55	a	8,81	c	9,31	a	Tinto	3,44	a	7,55	b	8,55	a
RVTD-2009-29	3,66	a	7,76	d	8,54	a	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	Média	3,29	8,57	9,35			

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste estatístico de Scott Knott (P<0,05).

4.4.5 Pós-colheita

Quanto aos sólidos solúveis totais, os 57 genótipos de tomateiro se dividiram em nove grupos (Tabela 6), com média geral de 4,12 °Brix. O menor valor de sólidos solúveis foi observado no híbrido RVTD-2009-37 (3,3 °Brix) diferenciando-se significativamente de todos os outros genótipos avaliados (Tabela 6). Por outro lado, o híbrido RVTD-2009-25 com elevado teor de sólidos solúveis (4,76 °Brix), não diferiu significativamente dos outros genótipos RVTD-2009-08 (4,66), RVTD-2009-52 (4,66), RVTD-2009-24 (4,70), RVTD-2009-10 (4,70) e RVTD-2009-14 (4,73).

Os valores de sólidos solúveis obtidos neste experimento variaram desde 3,3 °Brix até 4,76 °Brix, sendo incluídos dentro da amplitude de variação dos trabalhos com tomateiro industrial encontrados na literatura. Os trabalhos de pesquisa apresentam valores de sólidos solúveis para cultivares comerciais e experimentais de tomateiro variando entre 3,73 °Brix até 6,10 °Brix (RESENDE, 2000; SELEGUINI, 2005; ARAGÃO et al., 2004; SHIRAHIGE et al., 2010; SCHWARZ et al., 2011).

Tabela 6 - Teor total de sólidos solúveis (SS) e firmeza de frutos (FIF) de genótipos de tomateiro com aptidões industriais cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Genótipo	SS		FIF		Genótipo	SS		FIF	
	°Brix		N			°Brix		N	
RVTD-2009-01	4,06	e	4,10	b	RVTD-2009-30	3,86	g	5,60	b
RVTD-2009-02	4,23	e	7,78	a	RVTD-2009-31	3,86	g	3,41	b
RVTD-2009-03	4,10	e	7,47	a	RVTD-2009-32	4,63	b	7,25	a
RVTD-2009-04	4,10	e	7,78	a	RVTD-2009-33	4,53	b	6,75	a
RVTD-2009-05	4,16	e	4,65	b	RVTD-2009-34	4,20	e	5,33	b
RVTD-2009-06	4,03	f	7,12	a	RVTD-2009-35	4,13	e	4,67	b
RVTD-2009-07	3,83	g	8,98	a	RVTD-2009-36	4,30	d	4,60	b
RVTD-2009-08	4,66	a	5,57	b	RVTD-2009-37	3,33	i	5,85	b
RVTD-2009-09	4,26	d	5,47	b	RVTD-2009-38	3,90	f	6,80	a
RVTD-2009-10	4,70	a	7,35	a	RVTD-2009-39	4,06	e	5,25	b
RVTD-2009-11	4,00	f	11,96	a	RVTD-2009-40	4,50	c	5,11	b
RVTD-2009-12	4,16	e	6,00	a	RVTD-2009-41	3,93	f	6,90	a
RVTD-2009-13	4,16	e	3,85	b	RVTD-2009-42	4,46	c	7,21	a
RVTD-2009-14	4,73	a	5,41	b	RVTD-2009-43	4,30	d	5,53	b
RVTD-2009-15	3,93	f	6,86	a	RVTD-2009-44	4,00	f	7,61	a
RVTD-2009-16	3,76	h	3,25	b	RVTD-2009-45	4,26	d	7,51	a
RVTD-2009-17	3,83	g	4,55	b	RVTD-2009-46	3,96	f	6,95	a
RVTD-2009-18	3,93	f	6,00	a	RVTD-2009-47	4,60	b	7,28	a
RVTD-2009-19	4,00	f	5,10	b	RVTD-2009-48	3,70	h	3,88	b
RVTD-2009-20	4,50	c	5,98	b	RVTD-2009-49	4,03	f	6,31	a
RVTD-2009-21	3,70	h	5,28	b	RVTD-2009-50	3,93	f	4,65	b
RVTD-2009-22	3,76	h	7,15	a	RVTD-2009-51	3,83	g	3,01	b
RVTD-2009-23	4,33	d	4,58	b	RVTD-2009-52	4,66	a	4,61	b
RVTD-2009-24	4,70	a	5,80	b	RVTD-2009-53	4,10	e	5,51	b
RVTD-2009-25	4,76	a	3,68	b	RVTD-2009-54	4,06	e	2,48	b
RVTD-2009-26	3,90	f	6,21	a	RVTD-2009-55	4,16	e	3,01	b
RVTD-2009-27	3,93	f	3,40	b	AP-529	4,10	e	9,01	a
RVTD-2009-28	3,83	g	8,71	a	Tinto	3,73	h	5,43	b
RVTD-2009-29	4,00	f	8,36	a	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	Média	4,12		5,89	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com o teste estatístico de Scott Knott (P<0,05).

Para a característica firmeza de frutos, os genótipos apresentaram valor médio de 5,89 N (Tabela 6). O híbrido RVTD-2009-54 (2,48 N) destacou-se no grupo de genótipos com frutos menos firmes, contudo não diferiu significativamente de 56% dos genótipos

avaliados (Tabela 6). Por outro lado, o híbrido RVTD-2009-11 foi o genótipo com maior firmeza de frutos (11,96 N) (Tabela 6).

Desta forma, pode-se observar com base nos resultados descritos que para cada uma das características estudadas os genótipos se comportaram de uma maneira diferenciada, sendo necessária a utilização futura de um índice de seleção que permita a selecionar híbridos superiores que conciliem o máximo de características desejáveis ao seu genótipo.

4.5 Conclusões

- Os híbridos experimentais foram superiores as testemunhas comerciais em todas as características produtivas estimadas, destacando a produção total e comercial de frutos e o rendimento de polpa após a industrialização.
- O híbrido Tinto apresentou a maior massa média de frutos do experimento não sendo o suficiente para garantir a máxima produtividade ao mesmo.
- O aumento no número de frutos produzidos por planta é um componente de produtividade que permite o aumento significativo de produtividade das plantas de tomateiro industrial.
- O genótipo RVTD-2009-52 é considerado como promissor para o processamento, pois conciliou alta produção de frutos e teor considerável de sólidos solúveis, apresentando a maior estimativa de rendimento de polpa após o processamento.

4.6 Referências Bibliográficas

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. Tomate lidera crescimento e lucratividade no setor de hortaliças. **A Lavoura**. p. 29-31, 2010.

ARAGÃO, F. A. S.; GIORDANO, L. B.; MELO, P. C. T.; BOITEUX, L. S. Desempenho de híbridos experimentais de tomateiro para processamento industrial nas condições edafoclimáticas do cerrado brasileiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.03, p. 529-533, 2004.

BRAZ, L. T.; CARVALHO, J. B.; CHURATAMASCA, M. G. C. Evaluation of the performance of some processing tomato varieties in the region of Jaboticabal, São Paulo, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TOMATOES FOR INDUSTRY, 1991, Mendoza. **Abstracts ...** Mendoza: ISHS, 1991.

- CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2010. 394p. (1ª reimpressão).
- CRUZ, C. D. Programa Gene: versão Windows. Viçosa: UFV, 2001, 648p.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008. 412p
- FILGUEIRA, F. A. R.; OBEID, P. C.; MORAIS, H. J.; SANTOS, W. V.; BARBOSA, V. 1999. Adubação: tomate rasteiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (eds). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. p. 205-206.
- GAMEIRO, A. H.; CAIXETA FILHO, J. V.; ROCCO, C. D.; RANGEL, R. Estimativa de perdas no suprimento de tomates para processamento industrial no estado de Goiás. **Informações Econômicas**, v. 37, n.07, p. 07-16, 2007.
- GALVÃO, A. G.; RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; LUSTOSA, S. B. C.; DIAS, D. M.; MARODIM, J. C. Tomato yield and soil chemical attributes depending on previous cover crops. **Horticultura Brasileira**, v.31, p.102-106, 2013.
- GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C.; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, 2000, p. 36-59.
- GUERRA, E. P.; BESPALHOK FILHO, J. C. **Híbridos em espécies autógamas**. 2012 Disponível em:<<http://www.bespa.agrarias.ufpr.br/paginas/livro/capitulo%209.pdf>>. Acesso em 25 de set 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia estatística, Cepagro - Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. p. 6, 2012.
- MALUF, W. R. Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.327-356.
- MELO, P. C. T. Cultivares de tomate com características agrônômicas e industriais para a produção de atomatados. **Horticultura Brasileira**, v.30. p.8446-8454, 2012.(suplemento)
- MELO P. C. T.; VILELA, N.J.; FONTE, L.C. Agroprocessamento do tomate no Brasil: realidade e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Anais**. Viçosa: ABH. Anais 51. Congresso Brasileiro de Olericultura (CD ROM), julho 2011.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento agroindustrial. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n.01, p.154-157, 2005.

NUNHEMS. **Tinto: Tomate híbrido**. 2012. Disponível em:<
[http://nunhems.com.br/www/NunhemsInternet.nsf/CropData/BR_PT_TOF/\\$file/BR_TOF_Tinto.pdf](http://nunhems.com.br/www/NunhemsInternet.nsf/CropData/BR_PT_TOF/$file/BR_TOF_Tinto.pdf)>. Acesso em 26 set. 2012.

PEIXOTO, N.; MENDONÇA, J. L. ; SILVA, J. B. C.; BARBEDO, A. S. C. Rendimento de cultivares de tomate industrial para processamento em Goiás. **Horticultura Brasileira**, v.17, n.01, p.54-57, 1999.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Produtividade de cultivares de tomate industrial no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, v.18, n.02, p.126-129, 2000.

SATURNINO, H. M.; SILVA, J. B. C.; ROCHA, S. L.; SILVA, R. A.; GONÇALVES, N. P. Ensaio nacional de tomate industrial em Minas Gerais. In: Relatório de Pesquisa. Belo Horizonte: EPAMIG, 1993. p. 286-289. (Projeto Olericultura 87/92).

SCHWARZ, K.; RESENDE, J. T. V.; DE PAULA, J. T.; BAIER, J. E.; CHAGAS, R. R.; DIAS, D. M.; FIGUEIREDO, A. S. T. Características pós-colheita de híbridos de tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.5264-5271. 2011. (suplemento).

SCHWARZ, K.; RESENDE, J. T. V.; CAMARGO, L. K. P.; CAMARGO, C. K.; GALVÃO, A. G.; BAIER, J. E.; FIGUEIREDO, A. S. T.; ZANIN, D. S.; HILGEMBERG, W. Propriedades físicas de frutos de tomateiro do tipo rasteiro. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.3987-3992, 2010.(suplemento).

SCHWARZ, K.; RESENDE, J. T. V.; GALVÃO, A. G.; FIGUEIREDO, A. S. T.; DIAS, D. M.; KAPP NETO, J. Produtividade de híbridos de tomate rasteiro na região centro-sul do Paraná. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.1550-1555, 2010.(suplemento).

SELEGUINI, A.; SENO, S.; FARIA JÚNIOR, M. J. A. Híbridos de tomateiro industrial cultivado em ambiente protegido e campo aberto. **Científica**, v.35, n.01, p.80-87, 2007.

SELEGUINI, A. **Híbridos de tomate industrial cultivados em ambiente protegido e campo visando a produção de frutos para mesa**. Dissertação (Mestrado em Agronomia).Universidade Estadual Paulista – UNESP – Ilha solteira, 2005.

SEMINIS. **AP-529**. 2012. Disponível em:<
<http://www.seminis.com/global/br/products/Pages/AP529.aspx>>. Acesso dia 23 de set. 2012.

SHIRAHIGE, F. H.; MELO, A. M. T.; PURQUERIO, L. F. V.; CARVALHO, C. R. L.; MELO, P. C. T. Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.03, p.292-298, 2010.

5. CAPÍTULO II

CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO E HETEROSE PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E DE PÓS-COLHEITA EM LINHAGENS DE TOMATEIRO COM APTIDÃO INDUSTRIAL

5.1 Resumo

O trabalho teve como objetivo estimar a capacidade combinatória de linhagens de tomateiro industrial para características agronômicas e de pós-colheita, com intuito de descobrir híbridos superiores e eleger genitores para programas futuros de melhoramento. Por meio de um dialelo completo, estimou-se a \hat{g}_i , \hat{s}_{ij} e heterose para características agronômicas e de pós-colheita. Os efeitos aditivos foram predominantes para as características: massa média de fruto, porcentagem de frutos grandes, formato da região terminal do fruto, formato do fruto e relação comprimento largura do fruto. Os efeitos não aditivos foram superiores para a produtividade total e comercial, rendimento de polpa, número de frutos por planta, porcentagem de frutos médio, pequeno e não comercial, diâmetro da cicatriz peduncular, espessura do mesocarpo, enfolhamento, sólidos solúveis e firmeza dos frutos. Para o número de lóculos dos frutos, coloração interna e externa do fruto, comprimento e largura do fruto apresentaram valores muito próximos para os efeitos de \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} . A linhagem RVTD-2009-08 é a mais indicada para programas de melhoramento intrapopulacionais, pois apresentam estimativas elevadas de \hat{g}_i . Os híbridos RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 e RVTD-2009-07 x RVTD-2009-10 possuem elevado potencial para obtenção de populações superiores, com posterior seleção de linhagens superiores para as características produtivas e de rendimento de polpa.

Palavras chave: dialelo completo, Griffing, capacidade de combinação, características agronômicas, pós-colheita, melhoramento genético do tomateiro.

5.2 Introdução

O tomaticultura industrial é um ramo da cadeia produtiva do tomate que tem recebido destaque nos últimos anos dentro do cenário agrícola brasileiro, devido a implantação de novas unidades processadoras e também pela ampliação significativa da

área cultivada com esta cultura nos últimos anos (GERALDINI et al. 2011). Atualmente o Brasil ocupa uma posição de destaque no ranking dos países produtores, com a quinta maior produção e a segunda maior produtividade do mundo (MELO et al. 2011).

Um dos fatores permitiu com que o Brasil alcançasse esta posição de destaque no cenário mundial é o aumento no uso de sementes híbridas pelos tomaticultores (MELO et al. 2011). O uso de híbridos na cultura do tomate é justificado pelas diversas vantagens que estes oferecem aos produtores e consumidores, destacando a maior produtividade, precocidade, uniformidade, maior qualidade dos frutos e a possibilidade de combinar em um mesmo genótipo a resistência a pragas e doenças (RESENDE et al., 2000; MALUF, 2001; SOUZA et al., 2012).

O tomate cultivado comercialmente é uma espécie autógama, com uma elevada frequência de homozigotos, o que explica a base genética estreita desta espécie (MLAUF, 2001). Desta forma, estratégias de melhoramento intrapopulacionais não permitem avanços genéticos significativos no melhoramento do tomate (AMARAL JÚNIOR et al., 1996). A introdução de novos cultivares bem como a recombinação da variabilidade genética existente surge como uma excelente alternativa para a seleção de plantas superiores (MACIEL et al., 2010; SOUZA et al., 2012). Uma das metodologias mais utilizadas na produção de híbridos superiores são os cruzamentos dialélicos, que além de estimarem parâmetros genéticos como a heterose e a capacidade de combinação dos genitores, o mesmo oferece ao melhorista a possibilidade de escolha da melhor estratégia de melhoramento a ser adotada e a visualização das combinações híbridas no campo (CRUZ e CARNEIRO, 2006; HANNAN et al., 2007).

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo estimar a capacidade combinatória de dez linhagens de tomateiro industrial para características agronômicas e de pós-colheita, com intuito de descobrir híbridos experimentais superiores e eleger possíveis genitores para programas futuros de melhoramento genético do tomateiro industrial.

5.3 Material e Métodos

O ensaio foi conduzido na área experimental do Núcleo de Pesquisa em Hortaliças - NUPH da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) localizada no município

de Guarapuava – PR (25°22'59"S e 51°29'43"W e altitude de 1.100m). O clima da região é classificado como Cfb, segundo Köppen, com precipitações e temperaturas médias anuais de 18,2 °C e 1.800mm.

5.3.1 Análise dialélica

Para a realização da análise dialélica utilizaram-se dez linhagens de tomate industrial (RVTD-2009-01 até RVTD-2009-10) pertencentes ao banco de germoplasma do NUPH. Realizou-se um dialelo completo, utilizando o modelo II de Griffing (1956) incluindo genitores e híbridos F_1 . Maiores detalhes sobre a análise dialélica e o modelo utilizado na interpretação dos resultados encontram-se descritos detalhadamente no item 3.6.2 e 3.6.2.1 deste trabalho. Ao todo, reuniram-se os genitores (10 linhagens), os híbridos experimentais F_1 (45 híbridos) e duas testemunhas comerciais (AP-529 e Tinto), totalizando 57 genótipos de tomateiro, que foram conduzidos em blocos casualizados com três repetições. Mais detalhes sobre o delineamento estatístico, manejo da cultura e tratos culturais estão descritos detalhadamente no item 4.4.3.

Avaliaram-se 25 características de natureza agrônômicas e pós-colheita (produtividade total e comercial, rendimento de polpa, massa média dos frutos, número de frutos por planta, número de dias para a antese, maturação e ciclo total, porcentagem de frutos grandes, médios, pequenos e não comerciais, formato da região terminal do fruto, formato do fruto, coloração interna e externa do fruto, diâmetro da cicatriz peduncular, número de lóculos, espessura do mesocarpo, enfolhamento, comprimento, largura e relação comprimento largura do fruto, firmeza e sólidos solúveis), cuja metodologia de avaliação se encontram descritos detalhadamente a partir do item 4.4.4.1. Todas as características avaliadas foram submetidas à análise dialélica (modelo II Griffing, 1956) com o intuito de estudar a \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} dos genitores e híbridos respectivamente. Apenas sete características consideradas de grande importância para a cultura do tomate foram consideradas nas explicações de \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} (PT, PC, RP, MMF, NFP, SS e FIR).

5.3.2 Cálculo da heterose com base na média dos parentais

As estimativas da heterose (H) foram obtidas para os 45 híbridos experimentais avaliados no ensaio (Tabela 3). Utilizando a seguinte equação:

$$H = [F_1 - (P_1 + P_2) / 2] \quad \text{em que}$$

F_1 = média da primeira geração oriunda do cruzamento (híbrido); P_1 = média da linhagem parental 1; P_2 = média da linhagem parental 2;

Para o cálculo da heterose utilizaram-se os valores médios de dez características avaliadas (PT, PC, RP, MMF, NFP, SS e FIR).

5.4 Resultados e Discussões

A decomposição da soma quadrado de tratamento em capacidade geral (\hat{g}_i) e específica de combinação (\hat{s}_{ij}) estão descritos na Tabela 7, e evidenciam resultados significativos para todas as características avaliadas, indicando que tanto os efeitos gênicos aditivos e não aditivo contribuíram de modo efetivo para a expressão gênica das características avaliadas (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância, para um dialelo completo, com as estimativas de Quadrado médio (QM) para a capacidade geral (\hat{g}_i) e específica de combinação (\hat{s}_{ij}) para características agrônômicas e de pós-colheita de linhagens e híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

FV	GL	QM			
		PT	PT CM	RP	MM
Tratamento	54	322.489.380*	247.471.773*	8.752.080*	244,9*
CGC	9	328.025.332*	226.750.329*	11.477.603*	1.081*
CEC	45	321.382.189*	251.616.062*	8.206.975*	77,6*
Resíduo	108	23.349.135	23.723.696	508.580	37,15
Média		57.868	52.061	8.120	
FV	GL	QM			
		NFP	FIR	SS	
Tratamento	54	195,6*	9,42*	0,29*	
CGC	9	556,0*	6,67*	0,35*	
CEC	45	123,5*	9,97*	0,28*	
Resíduo	108	50,75	3,53	0,007	
Média		42,22	5,89	4,12	

* significativo de acordo com o teste de F a 5% de probabilidade de erro. PT: produtividade total; PC: produtividade comercial; RP: rendimento de polpa; MM: massa média; NFP: número de frutos por planta; EM: espessura do mesocarpo; FIR: firmeza de frutos e SS: sólidos solúveis

Hannan et al. (2007) evidenciaram resultados significativos de \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} para características produtivas e de pós-colheita em um dialelo com a cultura do tomate, relatando a importância dos efeitos aditivos e não aditivos sobre a expressão genética destas características.

Quando a estimativa de \hat{g}_i é maior que a estimativa de \hat{s}_{ij} existe a predominância de genes com efeitos aditivos atuando sobre a expressão gênica da característica em questão (SPRAGUE e TATUM, 1942). No entanto, quando se tem o inverso, onde a estimativa de \hat{s}_{ij} é superior a \hat{g}_i os efeitos não aditivos que atuam na expressão gênica da característica são mais pronunciados que os efeitos aditivos. Todavia, quando as estimativas de \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} apresentam valores próximos, os efeitos aditivos e não aditivos são de mesma importância na expressão gênica da característica estudada (CRUZ e REGAZZI, 1994).

Os resultados evidenciados na Tabela 8 informam as estimativas dos componentes quadráticos da \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} para todas as características estudadas. Os valores observados deixam evidente que para as características massa média de frutos, porcentagem de frutos grandes, formato da região terminal do fruto, formato do fruto e a relação comprimento largura do fruto as estimativas de \hat{g}_i são superiores as estimativas de \hat{s}_{ij} , indicando que os efeitos aditivos são mais importantes na expressão gênica destas características, sendo as estratégias de melhoramento intrapopulacionais as mais recomendadas.

Maluf et al., (1983) relataram que para a massa média dos frutos os efeitos aditivos e a ausência de dominância estão diretamente ligados à expressão gênica deste fenótipo, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho. No entanto Martinez (1989), Souza (2012) afirmam que os efeitos não aditivos são os mais pronunciados na expressão gênica da massa média de frutos de tomateiro, discordando dos resultados deste estudo.

Para as características produtividade total e comercial, rendimento de polpa, número de frutos por planta, número de dias para a antese, maturação e ciclo total, porcentagem de frutos médios, pequenos e não comerciais, diâmetro da cicatriz peduncular, espessura de mesocarpo, enfolhamento, firmeza e sólidos solúveis as estimativas de \hat{s}_{ij} são mais importantes na expressão gênica destas características, sendo assim recomendado estratégias interpopulacionais de melhoramento, buscando a obtenção de híbridos superiores com heterose elevada (Tabela 8).

Tabela 8 – Componentes quadráticos da capacidade geral (\hat{g}_i) e da capacidade específica de combinação (\hat{s}_{ij}) para características agrônômicas e de pós-colheita em tomateiro com aptidão industrial cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Componente quadrático	PT	PC	RP	MM	NFP
CGC (\hat{g}_i)	8.463.227	5.639.628	304.695	29,00	14,03
CEC (\hat{s}_{ij})	99.344.351	75.964.121	2.566.131	13,49	24,26
Erro	23.349.135,7	23.723.696,9	508.580,1	37,15	50,75
Componente quadrático	NDA	NDMF	CT	PFG	PFM
CGC (\hat{g}_i)	0,26	0,069	0,51	35,95	0,102
CEC (\hat{s}_{ij})	1,31	0,58	2,36	6,45	3,27
Erro	2,49	1,87	3,46	63,74	72,07
Componente quadrático	PFP	PF_NC	FRTF	FF	CIF
CGC (\hat{g}_i)	43,85	0,45	0,000002	0,056	0,65
CEC (\hat{s}_{ij})	36,27	4,51	0,013	0,005	0,49
Erro	73,50	16,87	0,036	0,055	0,59
Componente quadrático	CEF	DCP	NLF	EM	NEP
CGC (\hat{g}_i)	0,75	0,048	0,013	0,19	0,003
CEC (\hat{s}_{ij})	0,43	1,24	0,015	0,53	0,015
Erro	0,46	20,93	0,023	0,82	0,37
Componente quadrático	CF	LF	CF/LF	FIR	SS
CGC (\hat{g}_i)	6,00	0,68	0,002	0,08	0,0095
CEC (\hat{s}_{ij})	6,60	0,92	0,0009	2,14	0,093
Erro	31,89	3,76	0,021	3,53	0,007

PT: produtividade total; PC: produtividade comercial; RP: rendimento de polpa; MM: massa média de fruto; NFP: número de frutos por planta; NDA: número de dias para a antese; NDMF: número de dias para a maturação do fruto; CT: ciclo total; PFG, PFM e PFP: porcentagem de frutos grandes, médios e pequenos respectivamente; PF_NC: porcentagem de frutos não comerciais; FRTF: formato região terminal do fruto; FF: formato do fruto; CIF: coloração interna do fruto; CEF: coloração externa do fruto; DCP: diâmetro da cicatriz peduncular; NLF: número de lóculos do fruto; EM: espessura do mesocarpo; EP: enfolhamento; CF: comprimento do fruto; LF: largura do fruto; C/L: relação comprimento/largura; FIR: firmeza de frutos e SS: sólidos solúveis.

Resultados da literatura corroboram com os encontrados neste ensaio. Melo (1989) e Martinez (1989) relataram que os efeitos não aditivo são de extrema importância para a expressão gênica das características produção total de frutos e número de frutos por planta. Amaral Júnior et al. (1996) também relataram que os efeitos não aditivos são de maior importância para a produtividade comercial de frutos de tomate.

Para as características número de lóculos, coloração interna e externa do fruto, comprimento e largura do fruto as estimativas de \hat{g}_i e \hat{s}_{ij} foram muito próximas, indicando que tanto os efeitos aditivos quanto não aditivos são de importância na expressão gênica destas características para a cultura do tomate (Tabela 8).

Amaral Júnior et al. (1996) encontraram estimativas de CGC e CEC muito próximas para o número de lóculos em frutos de tomateiro, corroborando com os resultados encontrados neste ensaio.

5.4.1 Capacidade geral de combinação (\hat{g}_i)

As estimativas de \hat{g}_i dos genitores, para as características consideradas neste estudo estão ilustradas na Tabela 9. Para a produtividade total de frutos de tomateiro, metade dos genitores apresentaram valores positivos de \hat{g}_i , sendo que as duas maiores estimativas foram evidenciadas nos genitores RVTD-2009-08 (5.025 kg ha⁻¹) e RVTD-2009-05 (3.851 kg ha⁻¹) (Tabela 9). Em contrapartida, a menor estimativa de \hat{g}_i foi observada no genitor RVTD-2009-01 (-4.786 kg ha⁻¹) (Tabela 9).

Tabela 9 – Estimativas da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) para características agronômicas e de pós-colheita de linhagens de tomateiro com aptidões industriais, conduzido em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Genitor	\hat{g}_i					
	PT kg ha ⁻¹	PC kg ha ⁻¹	RP kg ha ⁻¹	MM g fruto ⁻¹	FIR N	SS °Brix
RVTD-2009-01	-4.786	-4.806	-841,93	9,20	-0,26	-0,06
RVTD-2009-02	-1.352	-556	-93,82	-4,47	0,43	0,04
RVTD-2009-03	677	493	180,58	3,20	0,71	0,02
RVTD-2009-04	-2.898	-1.900	-626,11	0,74	0,05	-0,11
RVTD-2009-05	3.851	3.638	662,11	-3,70	0,39	0,04
RVTD-2009-06	-2.431	-1.793	-457,03	5,88	0,23	-0,06
RVTD-2009-07	1.335	1.895	16,76	-1,18	-0,14	-0,10
RVTD-2009-08	5.025	2.891	949,82	-1,61	-0,46	0,16
RVTD-2009-09	-184	-636	-172,91	-9,93	-0,43	-0,06
RVTD-2009-10	764	772	383,11	1,89	-0,51	0,13

PT: produtividade total; PC: produtividade comercial; RP: rendimento de polpa; MM: massa média de fruto; NFP: número de frutos por planta; FIR: firmeza de frutos e SS: sólidos solúveis.

A amplitude das estimativas de \hat{g}_i para a produtividade total de frutos de tomateiro foi de aproximadamente 17% (9.812 kg ha⁻¹) da produtividade média observada no experimento (57.868 kg ha⁻¹) podendo-se obter um ganho genético considerável apenas com a escolha correta do genitor.

A estimativa de \hat{g}_i é um indicativo do comportamento de um dado genitor perante os cruzamentos em que o mesmo participou. Com isso, valores altos \hat{g}_i indicam a presença

de alelos favoráveis e, com efeito, aditivo atuando sobre a expressão gênica do fenótipo em questão (CRUZ e VENCOVSKY, 1989). Desta forma, pode-se afirmar que nos cruzamentos em que a linhagem RVTD-2009-08 participou, a mesma propiciou em média, um aumento de 5.025 kg ha⁻¹ na produtividade dos híbridos. Todavia, isto pode ser comprovado através valores de produtividade obtidos pelo híbrido RVTD-2009-53, que foi o híbrido mais produtivo e possui a linhagem RVTD-2009-08 como um de seus genitores (Tabela 2). Em contrapartida, RVTD-2009-01 reduziu a média dos cruzamentos em que o mesmo participou, impossibilitando o seu uso em programas de melhoramento que buscam aumento de produtividade (Tabela 11). A menor frequência de alelos favoráveis presentes em RVTD-2009-01 contribuiu para que o mesmo apresentasse o menor valor de produtividade total encontrado no ensaio (35.172 kg ha⁻¹) dentre todos os genótipos considerados (Tabela 2).

Para a produtividade comercial, novamente metade das linhagens apresentou valores positivos de \hat{g}_i (Tabela 9). As maiores estimativas de \hat{g}_i foram observadas nos genitores RVTD-2009-05 (3.368 kg ha⁻¹) e RVTD-2009-08 (2.891 kg ha⁻¹) (Tabela 9) contribuíram positivamente para o aumento da produtividade comercial nos cruzamentos na qual participaram.

O genótipo com maior produção comercial do experimento foi RVTD-2009-52 cuja genealogia é formada pelo cruzamento das linhagens RVTD-2009-07 e RVTD-2009-10 que também apresentaram estimativas positivas de g_i , evidenciando o papel positivo dos alelos favoráveis presentes nestas linhagens e que vieram contribuíram positivamente para o aumento da produção comercial neste híbrido (Tabela 9). Novamente, RVTD-2009-01 foi a linhagem com a menor estimativa de g_i do experimento (-4.806 kg ha⁻¹) reduzindo a produtividade comercial de frutos de tomateiro nos cruzamentos em que veio a participar (Tabela 9).

Quanto ao rendimento de polpa, novamente cinco das dez linhagens utilizadas no experimento tiveram estimativas de \hat{g}_i positivas (Tabela 9). As duas maiores \hat{g}_i foram observadas nas linhagens RVTD-2009-08 (949 kg ha⁻¹) e RVTD-2009-05 (662, kg ha⁻¹) (Tabela 9). A capacidade da linhagem RVTD-2009-08 em contribuir positivamente com o rendimento de polpa é evidente ao se observar à genealogia dos híbridos de maior rendimento de polpa, sendo que dois dos cinco continham a linhagem RVTD-2009-08

como genitora. Por outro lado, RVTD-2009-01 propiciou a menor estimativa de g_i observada (-841 kg ha^{-1}) sendo então inapropriado para programas de melhoramento que objetive acréscimos no rendimento de polpa.

Na literatura atual não se encontra nenhum resultado sobre a capacidade combinatória de genótipos de tomate quanto ao rendimento de polpa. Todavia, observou-se neste estudo que os efeitos não aditivos é o principal responsável pela expressão gênica dos fenótipos produtividade e rendimento de polpa de genótipos de tomateiro com aptidão industrial. Esta combinação facilita o melhoramento genético do tomateiro com aptidão industrial, uma vez que as estratégias de melhoramento para produtividade e rendimento de polpa poderão ser as mesmas, explorando efeitos não aditivos, como dominância e sobredominância, buscando encontrar híbridos com heterose elevada para produção e rendimento de polpa concomitantemente. Este fato pode ser visualizado nos dados deste experimento, onde os híbridos que atingiram a maior produtividade também foram os mesmos que obtiveram o maior rendimento de polpa (Tabela 2)

Para a massa média de frutos, as estimativas de g_i apontam os genitores RVTD-2009-01 e RVTD-2009-06 como os genótipos com as maiores estimativas para esta característica, chegando a propiciar aumentos de $9,20 \text{ g fruto}^{-1}$ e $5,88 \text{ g fruto}^{-1}$ respectivamente na massa média dos frutos dos cruzamentos na qual os mesmos participaram respectivamente (Tabela 9). Em contrapartida, a linhagem RVTD-2009-09 obteve estimativas de CGC negativas chegando à redução de $-9,93 \text{ g fruto}^{-1}$ nos cruzamentos na qual a mesma participou (Tabela 9).

Quanto ao número de frutos por planta, as estimativas de g_i apontam para as linhagens RVTD-2009-09 e RVTD-2009-08 como aquelas de maiores estimativas do experimento, permitindo o aumento no número de frutos por planta de $9,20$ e $5,88$ respectivamente (Tabela 9). Novamente o genitor RVTD-2009-01 figurou como o genótipo de menor estimativa de g_i do experimento para esta característica, com uma redução de $7,07 \text{ frutos planta}^{-1}$ nos cruzamentos em que o mesmo participou como genitor (Tabela 9).

Em relação ao conteúdo de sólidos solúveis nos frutos, observa-se uma baixa amplitude para as estimativas de g_i ($0,27 \text{ °Brix}$) indicando que os cruzamentos dialélicos não propiciaram um aumento considerável no conteúdo de sólidos solúveis dos híbridos de

tomateiro estudados. As linhagens RVTD-2009-08 e RVTD-2009-10 foram os genitores que propiciaram as duas maiores estimativas de g_i do experimento 0,16 °Brix e 0,13 °Brix respectivamente, embora sejam valores de pequena magnitude (Tabela 9).

Para o fenótipo firmeza do fruto, a magnitude das estimativas de g_i também foi de pequena amplitude (1,22N) (Tabela 9) sendo que a linhagem RVTD-2009-03 apresentou a maior estimativa do experimento (0,71 N) enquanto que a menor estimativa ficou por conta da linhagem RVTD-2009-10 (-0,51N), indicando RVTD-2009-03 como uma linhagem passível de ser utilizada em programas de melhoramento que busque aumento na firmeza dos frutos enquanto RVTD-2009-10 deve ser evitada em programas desta mesma natureza (Tabela 9).

5.4.2 Capacidade específica de combinação: efeitos de \hat{s}_{ii}

A estimativa de \hat{s}_{ii} é um indicativo da divergência genética do genitor i , em relação aos demais genitores utilizados no dialelo (SOUZA, 2012). Quanto maior o valor absoluto de \hat{s}_{ii} maior será a divergência genética do parental em relação aos demais parentais (CRUZ e VENCOSVSKY, 1989). Todavia, quanto mais negativo for a estimativa de \hat{s}_{ii} para o genitor i , maior será a sua contribuição para valores positivos de heterose, enquanto que valores positivos contribuirão negativamente com a heterose expressa em híbridos. Se o valor for zero ou muito próximo de zero, a divergência genética do parental i em relação aos outros é nula ou muito pequena, fazendo com que a heterose também seja pequena. Contudo, na seleção de um bom híbrido deve-se levar em consideração as estimativas de \hat{g}_i , \hat{s}_{ij} e \hat{s}_{ii} (CRUZ et al., 2004).

Nove das dez linhagens utilizadas como genitoras apresentaram estimativas negativas \hat{s}_{ii} indicando a uma elevada divergência genética entre os genitores para o fenótipo produtividade total (Tabela 10). O valor mais negativo de \hat{s}_{ii} foi observado na linhagem RVTD-2009-08 (-17.379 kg ha⁻¹) sendo o genótipo mais divergente dentre todos os estudados, e que contribui positivamente para altos valores de heterose nos cruzamentos onde o mesmo participou (Tabela 10). Por outro lado, a menor estimativa de \hat{s}_{ii} foi evidenciada na linhagem RVTD-2009-07 (46 kg ha⁻¹) contribuindo de maneira insignificante para a expressão da heterose nos cruzamentos onde a mesma foi utilizada como genitora (Tabela 10).

Tabela 10 – Estimativas de $\hat{\sigma}_{ii}$ e $\hat{\sigma}_{ij}$ para características agronômicas e de pós-colheita de 45 híbridos experimentais obtidos por dialelo completo entre 10 linhagens de tomateiro em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Híbrido	$\hat{\sigma}_{ij}$ e $\hat{\sigma}_{ii}$					
	PT	PC	RP	MM	SS	FIR
1 x 1	-13.336	-13.528	-1.613	-3,37	0,07	-1,20
1 x 2	3.310	5.849	291	7,10	-0,11	5,94
1 x 3	8.218	1,293	1.302	10,24	0,07	-0,30
1 x 4	-4.635	-5,122	-211	-5,90	0,21	-1,79
1 x 5	14.715	12.750	3.570	-5,46	0,61	-0,56
1 x 6	5.941	5.300	729	7,30	-0,07	1,04
1 x 7	406	791	-294	3,57	-0,18	-2,19
1 x 8	2.487	3.143	-1.251	1,70	-0,40	-0,57
1 x 9	-633	4.594	-128	-5,02	-0,07	0,84
1 x 10	-3.136	-1.545	-780	-6,86	-0,20	0,03
2 x 2	-15.240	-13.292	-2.199	-0,40	0,00	1,05
2 x 3	19.709	18.370	3.536	-3,73	0,29	-1,02
2 x 4	5.906	5.755	69	-1,56	-0,36	-1,06
2 x 5	2.303	-2.813	-1.466	-3,32	-0,45	0,46
2 x 6	-3.294	2.356	729	-6,49	0,21	-1,94
2 x 7	-5.705	-6.425	271	-4,83	0,62	-0,34
2 x 8	-607	-156	886	3,18	0,42	-2,14
2 x 9	6.189	1.913	410	8,63	-0,22	0,36
2 x 10	3.299	1.734	-330	1,83	-0,38	-2,37
3 x 3	-3.607	-3.712	-745	2,14	-0,08	0,49
3 x 4	1.876	2.392	-191	-1,95	-0,21	2,09
3 x 5	-739	-652	-596	-5,29	-0,20	1,40
3 x 6	-3.219	-3.298	-906	-2,28	-0,22	-1,20
3 x 7	-14.057	-11.911	-2.308	4,07	-0,18	-3,00
3 x 8	2.190	3.987	1.094	-0,71	0,30	1,14
3 x 9	-7.893	-6.057	-360	-1,22	0,42	0,61
3 x 10	1.060	3.300	-80	-3,40	-0,09	-0,72
4 x 4	-13.746	-10.970	-1.535	0,76	0,19	1,50
4 x 5	882	676	209	6,18	0,06	-1,63
4 x 6	-1.070	155	473	-3,12	0,34	-1,54
4 x 7	-198	-1.807	-1.170	-5,44	-0,58	0,07
4 x 8	10.551	8.354	889	-1,80	-0,28	1,35
4 x 9	3.475	2.334	719	3,07	0,10	-0,22
4 x 10	10.705	9.199	2.283	9,02	0,34	-0,27
5 x 5	-17.355	-14.239	-2.638	-1,57	-0,05	-1,98
5 x 6	13.961	14.039	1.698	4,06	-0,08	-0,16
5 x 7	2.730	1.226	1.176	1,06	0,39	1,11
5 x 8	9.088	4.266	1.332	5,08	-0,04	-0,25
5 x 9	-1.036	956	-386	-3,84	-0,12	1,80
5 x 10	-968	-1.970	-262	4,67	-0,04	1,79
6 x 6	-9.804	-10.053	-1.298	-3,24	0,02	0,79
6 x 7	7.638	6.147	974	10,50	0,007	1,00
6 x 8	345	3.023	880	1,30	0,36	1,65
6 x 9	3.089	2.527	-179	-5,89	-0,31	-1,77
6 x 10	-9.380	-10.144	-1,802	1,11	-0,27	1,33
7 x 7	46	-1.414	-273	-5,97	-0,08	3,40
7 x 8	-13.516	-11.284	-2.314	-0,09	-0,26	-0,60
7 x 9	2.770	4.057	72	2,33	-0,13	-2,26
7 x 10	19.840	22.036	4.137	0,77	0,50	-0,57

Continua

Híbrido	\hat{s}_{ii} e \hat{s}_{ii}					
	PT	PC	RP	MM	SS	FIR
8 x 8	-17.379	-13.102	-2.023	-4,92	0,20	0,63
8 x 9	21.445	13.305	2.813	-1,82	-0,13	0,55
8 x 10	2.774	1.563	-285	3,00	-0,36	-2,39
9 x 9	-17.359	-15.143	-1.958	0,63	0,25	0,98
9 x 10	7.241	6.655	956	2,49	-0,04	-1,88
10 x 10	-15.718	-15.414	-1.917	-6,33	0,29	2,53

PT: Produtividade Total; PC: Produtividade Comercial; RP: Rendimento de Polpa após a industrialização; MMF: Massa Média de Fruto; NFP: Número de Frutos por Planta; EM: Espessura do Mesocarpo; SS: Sólidos Solúveis; FIR: Firmeza de Frutos;

A maior e a menor heterose do experimento para a produtividade total, comprovam os efeitos positivos e negativos dos genitores RVTD-2009-08 e RVTD-2009-07 sobre a expressão da máxima e mínima da heterose para a produtividade total, respectivamente. Os híbridos RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 e RVTD-2009-03 x RVTD-2009-07 apresentaram 85,20% e -21,05% de heterose respectivamente, indicando que a presença das linhagens RVTD-2009-08 e RVTD-2009-07 contribuíram para o aumento e a redução da heterose no primeiro e segundo híbrido citado anteriormente (Tabela 10).

Quanto à produtividade comercial, as estimativas de \hat{s}_{ii} mostraram-se negativas em todas as linhagens utilizadas como genitoras, indicando a presença de divergência genética considerável entre os mesmos (Tabela 10). A estimativa mais negativa foi observada na linhagem RVTD-2009-10 (-15.414 kg ha⁻¹) sendo o genitor que mais contribuiu para haver heterose positiva nas combinações híbridas estudadas (Tabela 10). Valores de alta magnitude evidenciam a presença de divergência genética considerável entre as linhagens, tornando viável a exploração da heterose via recombinação da variabilidade genética (Tabela 10).

Quanto ao rendimento de polpa, todos os genitores apresentaram valores negativos para a estimativa de \hat{s}_{ii} , indicando a presença de uma alta divergência genética entre os genitores considerados neste estudo, tornando-se passível a utilização da heterose para a obtenção de híbridos com alto rendimento de polpa (Tabela 10). O genitor com estimativa de s_{ii} mais negativa do ensaio foi RVTD-2009-05 que apresentou -2.638 kg ha⁻¹ sendo considerado como o genitor mais divergente do ensaio, e que contribuiu positivamente para que o híbrido RVTD-2009-01 x RVTD-2009-05 apresentasse a maior heterose dentre todos os híbridos avaliados, chegando a 97,45% de heterose em relação a média dos genitores (Tabela 10). Em contrapartida, a linhagem RVTD-2009-07 apresentou a menor estimativa

de s_{ii} para o fenótipo rendimento de polpa, que apesar de ser negativa atingiu o valor -273 kg ha^{-1} (Tabela 10). A menor divergência genética da linhagem RVTD-2009-07 para com os outros genitores do ensaio, explica os dos valores negativos de heterose para o rendimento de polpa observados nos híbridos RVTD-2009-03 x RVTD-2009-07 e RVTD-2009-07 x RVTD-2009-08, sendo estes os dois únicos híbridos com heterose negativa para esta característica, e todos possuem RVTD-2009-07 em sua genealogia (Tabela 11).

Para a massa média de frutos os genitores RVTD-2009-03 e RVTD-2009-04 apresentaram estimativas de \hat{s}_{ii} positivas, com $2,14 \text{ g fruto}^{-1}$ e $0,76 \text{ g fruto}^{-1}$ respectivamente (Tabela 10). A estimativa de s_{ii} mais negativa foi observada no genitor RVTD-2009-10 que apresentou $-6,33 \text{ g fruto}^{-1}$ sendo este o genitor que mais contribui para o aumento da heterose em cruzamentos, devido a sua maior divergência genética para com os outros genótipos avaliados no ensaio (Tabela 10). Vale ressaltar que os efeitos aditivos são predominantes na expressão da massa média de frutos, e com isso estratégias de melhoramento que buscam híbridos heteróticos para a massa média de frutos acabam não sendo satisfatórias (Tabela 10). Fato este que pode ser comprovado pelo número representativo de híbridos com heterose negativa para a massa média de frutos (Tabela 13).

Quanto ao número de frutos por planta, todos os dez genitores utilizados nos cruzamentos apresentaram valores negativos de \hat{s}_{ii} (Tabela 10) indicando uma alta divergência genética entre os genitores para esta característica, o que contribuiu para que apenas dois híbridos apresentassem valores de heterose negativos (Tabela 12). O valor mais negativo de \hat{s}_{ii} foi $-12,93 \text{ frutos planta}^{-1}$ observado no genitor RVTD-2009-09 (Tabela 10). Vale ressaltar que RVTD-2009-09 participou como genitor na genealogia do híbrido de maior heterose do ensaio para esta característica que foi RVTD-2009-05 x RVTD-2009-09, apresentando 62% de heterose em relação à média de dos parentais (Tabela 13). As duas únicas estimativas de heterose negativa para o número de frutos por planta foram observadas nos híbridos RVTD-2009-01 x RVTD-2009-03 (3,76%) e RVTD-2009-07 x RVTD-2009-08 (-7,83%) que possuem as linhagens RVTD-2009-01 e RVTD-2009-07 que tiveram os menores valores de s_{ii} de todos os genitores estudados, apesar de serem negativos (Tabela 10).

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais, apenas os genitores RVTD-2009-03, RVTD-2009-05 e RVTD-2009-07 apresentaram estimativas de \hat{s}_{ii} negativas (Tabela 10)

indicando a baixa divergência genética dos genitores utilizados para esta característica, o que reflete no significativo número de híbridos com estimativas negativas de heterose para esta característica (Tabela 11). A linhagem RVTD-2009-10 apresentou a maior estimativa positiva de s_{ii} que foi de 0,29 °Brix sendo este o genitor que menos contribuiu com a heterose, uma vez que em sete das nove combinações híbridas na qual o mesmo esteve presente as estimativas de heterose em relação a média dos parentais foram de magnitude negativa (Tabela 11).

Para a firmeza dos frutos de tomateiro, os genitores RVTD-2009-01 e RVTD-2009-05 apresentaram valores negativos para a estimativa de \hat{s}_{ii} sendo os mesmos de baixa magnitude (Tabela 10). A maioria dos valores de \hat{s}_{ii} positivos garante a estes genitores valores baixos de divergência genética, o que explica o número significativo de híbridos com heterose negativa observados neste ensaio (Tabela 13).

5.4.3 Capacidade específica de combinação: efeitos de \hat{s}_{ij}

A estimativa de \hat{s}_{ij} é o desvio do comportamento médio de um híbrido em relação ao que esperaria com base na g_i de seus genitores (SOUZA, 2012). Um híbrido de valor é aquele que possui elevada estimativa de \hat{s}_{ij} e que pelo menos um de seus genitores possua uma alta estimativa de \hat{g}_i (CRUZ e VENCOSKY, 1989). Estimativas de \hat{s}_{ij} próximas de zero indicam que genótipo comportou-se como o esperado, tendo como base a estimativa de \hat{g}_i do mesmo. Entretanto, valores positivos ou negativos de s_{ij} inferem que o híbrido comportou-se melhor ou pior do que o esperado com base na estimativa de g_i respectivamente. Assim, a \hat{s}_{ij} é dependente dos genes que possuem efeitos não aditivos como a dominância, sobredominância e epistasia (SPRAGUE e TATUM, 1942).

A estimativa de \hat{s}_{ij} para a produtividade total indica o híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 como o genótipo de maior estimativa do ensaio (21.445 kg ha⁻¹) (Tabela 10). Vale destacar que a linhagem RVTD-2009-08 apresentou a maior \hat{g}_i para a produtividade total, permitindo o aumento médio de 5.025 kg ha⁻¹ nos cruzamentos na qual a mesma participou (Tabela 9). Todavia, as linhagens RVTD-2009-08 e RVTD-2009-09 apresentaram os dois valores mais negativos de s_{ii} do ensaio -17.379 kg ha⁻¹ e -17.359 kg ha⁻¹ respectivamente, permitindo os maiores valores do experimento para s_{ij} (21.445 kg ha⁻¹) e heterose (85,20%) (Tabela 11).

Para a produtividade comercial, as estimativas de \hat{s}_{ij} apontam o híbrido RVTD-2009-07 x RVTD-2009-10 como o genótipo de maior valor, com uma produção de 22.036 kg ha⁻¹ de frutos comerciais de tomate acima do esperado com base na g_i dos genitores (Tabela 10). Os genitores envolvidos na produção do híbrido de maior \hat{s}_{ij} apresentaram valores altos e positivos de g_i e negativos de \hat{s}_{ii} , contribuindo para a obtenção de genótipos de tomate industrial com uma ótima produção de frutos comerciais.

O híbrido RVTD-2009-07 x RVTD-2009-10 foi o genótipo que apresentou a maior estimativa de \hat{s}_{ij} (4.137 kg ha⁻¹) (Tabela 10). Fato importante é que as linhagens RVTD-2009-07 e RVTD-2009-10 apresentaram estimativas de \hat{s}_{ii} negativos e ao mesmo tempo g_i positivas para o rendimento de polpa, podendo se eleger este híbrido como o ideal, uma vez que apresentaram uma alta estimativa de \hat{s}_{ij} e seus genitores apresentaram valores positivos de \hat{g}_i (Tabela 9).

A maior estimativa de \hat{s}_{ij} para a massa média de frutos foi encontrada no híbrido RVTD-2009-06 x RVTD-2009-07 com 10,50g a mais por fruto do que se esperaria com base na g_i dos seus genitores (Tabela 10). Vale destacar que o genitor RVTD-2009-07 obteve a segunda maior estimativa de \hat{s}_{ij} para esta característica, permitiu um aumento médio de 5,83 g nos frutos dos híbridos na qual o mesmo participou como genitor (Tabela 9).

Para o número de frutos por planta, as estimativas de s_{ij} apontam o híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 como o genótipo de maior desvio em relação à \hat{g}_i dos genitores (16,61 frutos planta⁻¹) (Tabela 10). As linhagens RVTD-2009-08 e RVTD-2009-09 figuraram entre os genótipos com maior \hat{g}_i do ensaio e ao mesmo tempo apresentaram valores negativos para a estimativa de \hat{s}_{ii} , indicando que tanto os efeitos aditivos quanto os não aditivos contribuíram para que este híbrido apresentasse um número médio de frutos por planta superior aos outros genótipos (Tabela 12).

Quanto ao teor de sólidos solúveis, as estimativas de \hat{s}_{ij} apontam o híbrido RVTD-2009-02 x RVTD-2009-07 como o genótipo com valor mais positivo do ensaio, com 0,62 °Brix de superioridade em relação às estimativas de g_i dos seus genitores (Tabela 10). Os valores de g_i observados para esta característica foram de baixa magnitude, com vários genitores apresentando estimativas negativas. Apenas a linhagem RVTD-2009-02 apresentou g_i positiva (0,04 °Brix) (Tabela 9). Embora os efeitos não aditivos sejam mais

importantes na expressão no teor de sólidos solúveis, a maioria dos híbridos apresentaram heterose negativa em relação a média dos parentais, fato este que pode ser explicado pela baixa divergência genética dos genitores para esta característica, sendo evidenciado pelos valores positivos e de baixa magnitude de s_{ii} observados neste estudo (Tabela 10).

A maior estimativa de \hat{s}_{ij} para a firmeza de frutos foi observada no híbrido RVTD-2009-01 x RVTD-2009-02 que apresentou 5,94 N a mais do que o esperado com base na g_i de seus genitores (Tabela 10). Vale ressaltar que dos genitores envolvidos na produção do híbrido de melhor \hat{s}_{ij} , RVTD-2009-02 apresentou a segunda maior estimativa de g_i para esta característica, chegando a aumentar em média 0,43 N a resistência dos frutos de tomateiro na qual este genitor participou da genealogia (Tabela 9).

5.4.4 Heterose

A heterose média observada para a produtividade total foi de 34,26% ($15.095 \text{ kg ha}^{-1}$), ou seja, a recombinação da variabilidade existente por meio dos cruzamentos dialélicos permitiu um acréscimo de 15 t ha^{-1} em relação à média de produção das linhagens. Os valores variaram desde -21,05% ($-12.277 \text{ kg ha}^{-1}$) no híbrido RVTD-2009-03 x RVTD-2009-07 até 85,20% ($38.814 \text{ kg ha}^{-1}$) observado no híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 (Tabela 11).

Valores de heterose representam o comportamento relativo de um híbrido em relação à média dos seus genitores. Nos resultados deste experimento, a heterose mais expressiva foi observada no híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 que também apresentou a máxima produtividade ($84.370 \text{ kg ha}^{-1}$), sendo que o mesmo produziu em média 85,20% ($38.814 \text{ kg ha}^{-1}$) a mais que os genitores envolvidos na sua formação (Tabela 11).

Comparativamente, plantas cujos genótipos são altamente homocigóticos, são menos produtivas em relação aos híbridos devido à depressão por endogamia que as linhagens sofreram durante a sua seleção. Em contrapartida, ao se realizar a recombinação das linhagens por meio de hibridações resgata-se o chamado vigor híbrido ou adaptativo do genótipo que pode ser expresso por valores de heterose (FALCONER, 1987). Melo e Ribeiro (1990) relataram em seu estudo que o uso de cultivares híbridas em relação às de polinização aberta permitem um aumento substancial de produção do tomateiro, variando

desde 25 até 40%, sendo esta diferença explicada pelo fenômeno da heterose. Desta forma, ao se recombinar as linhagens de tomateiro utilizadas no ensaio, podem-se observar cruzamentos com heterose positiva e negativa com ampla faixa de variação para as características abordadas, indicando que pode-se obter híbridos de tomateiro superiores aos encontrados atualmente no mercado.

Os resultados obtidos neste experimento estão de acordo com vários trabalhos encontrados na literatura, e que comprovam o aumento da produtividade da cultura do tomateiro devido aos efeitos heteróticos presentes em híbridos, que são passíveis de serem explorados através das interações gênicas não aditivas (dominância, sobredominância e epistasia) em cruzamentos entre linhagens contrastantes, obtendo-se híbridos altamente heteróticos e com produtividade significativa (MALUF et al., 1983; AHMAD et al., 1988; MELO, 1989; RESENDE et al., 2000; BASTOS et al., 2003; HANNAN et al., 2007; GUL et al., 2010; MACIEL et al., 2010; AHMAD et al., 2011; SOUZA et al., 2012).

Para a produtividade comercial, observou-se que os valores foram bastante expressivos assim como os observados para a característica produtividade total, corroborando com Freitas et al. (1999) que obtiveram valores de heterose próximos e de magnitudes parecidas para as características de produtividade total e comercial de frutos de tomateiro (Tabela 11). A heterose média observada nos cruzamentos foi de 34,02% (13.523 kg ha⁻¹) (Tabela 11). A mínima heterose para esta característica foi de -17,92% (-9.349 kg ha⁻¹) sendo observado no híbrido RVTD-2009-03 x RVTD-2009-07 enquanto a máxima foi de 71,41% (26.634 kg ha⁻¹), sendo observada no híbrido RVTD-2009-01 x RVTD-2009-05 (Tabela 11).

Quanto à heterose média para o rendimento de polpa, observou-se um valor médio de 31% (1.980 kg ha⁻¹) a mais de rendimento de polpa em relação a seus genitores (Tabela 11). Os valores variaram desde -22,94% (-1.798 kg ha⁻¹) no híbrido RVTD-2009-03 x RVTD-2009-07 até 97,45% (5.696 kg ha⁻¹) no híbrido RVTD-2009-01 x RVTD-2009-05 (Tabela 11). Neste aspecto, vale ressaltar que ao se cruzar às linhagens RVTD-2009-01 x RVTD-2009-05 originou-se o híbrido RVTD-2009-14 que atingiu quase que o dobro da produção de polpa em relação à média de seus genitores, chegando a expressar valores heteróticos de 5.696 kg ha⁻¹ de polpa a mais que a média de seus genitores (Tabela 11). Não se encontrou relato de estudos heterótico sobre o rendimento de polpa na literatura atual.

Tabela 11 – Valores quantitativos (kg ha⁻¹) e percentuais (%) de heterose, observada nas combinações híbridas, para as características de produtividade total (PT), produtividade total de frutos comerciais (PT_CM) e rendimento de polpa (RP) cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Genitores	PT		PC		RP		Genitores	PT		PC		RP	
	kg ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹	%		kg ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹	(%)	kg ha ⁻¹	%
1x2	17.599	46,74	19.260	57,36	2.198	41,41	3x10	10.724	21,51	12.864	29,20	1.250	16,93
1x3	16.690	36,68	9.914	25,15	2.482	39,34	4x5	16.434	37,79	13.282	32,02	2.296	37,66
1x4	8.906	24,16	7.127	21,34	1.363	26,69	4x6	10.705	26,12	10.668	27,97	1.890	33,56
1x5	30.062	71,91	26.634	71,41	5.696	97,45	4x7	6.652	13,39	4.385	9,50	-265	-4,00
1x6	17.512	44,57	17.091	50,33	2.185	40,50	4x8	26.115	58,49	20.391	49,37	2.669	39,87
1x7	7.052	14,70	8.263	19,69	648	10,16	4x9	19.029	48,24	15.392	41,88	2.466	44,01
1x8	17.845	41,53	16.459	44,34	566	8,79	4x10	25.439	61,72	22.392	58,88	4.009	64,88
1x9	14.714	38,96	18.930	58,12	1.657	30,97	5x6	27.541	59,97	26.187	62,28	3.667	57,41
1x10	11.391	28,81	12.926	38,19	984	16,61	5x7	11.385	20,85	9.053	18,08	2.632	35,69
2x3	29.134	60,72	26.873	61,38	5.009	74,04	5x8	26.456	53,35	17.938	39,68	3.663	49,28
2x4	20.400	51,86	17.887	47,37	1.936	34,82	5x9	16.321	36,76	15.648	38,48	1.911	30,14
2x5	12.373	27,94	10.953	26,29	952	15,11	5x10	15.569	33,73	12.857	30,66	2.015	29,12
2x6	14.826	35,49	14.029	36,61	2.477	42,34	6x7	12.517	24,02	11.881	25,43	1.760	25,41
2x7	1.891	3,75	928	2,00	1.508	22,05	6x8	13.937	29,60	14.601	34,87	2.541	36,39
2x8	15.702	34,55	13.041	31,43	2.997	43,46	6x9	16.671	39,80	15.126	40,53	1.448	24,57
2x9	22.489	55,88	14.858	38,88	2.488	42,87	6x10	3.382	7,75	2.590	6,71	-194	-3,01
2x10	18.779	44,69	16.088	42,10	1.727	27,07	7x8	-4.850	-8,70	-4.027	-8,07	-1.166	-14,63
3x4	10.554	22,37	9.734	22,32	949	14,46	7x9	11.426	22,59	12.337	27,21	1.188	17,28
3x5	9.742	18,69	8.324	17,52	1.094	14,99	7x10	27.677	52,87	30.451	65,34	5.233	70,97
3x6	3.486	7,03	3.585	8,12	115	1,68	8x9	38.814	85,20	27.428	67,75	4.804	69,26
3x7	-12.277	-21,05	-9.349	-17,92	-1.798	-22,94	8x10	19.324	40,83	15.821	37,89	1.684	22,42
3x8	12.684	23,80	12.395	26,19	2.478	31,39	9x10	23.780	56,45	21.935	58,95	2.894	45,05
3x9	2.660	5,53	3.371	7,88	991	14,56	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	Média	15.095	34,26	13.523	34,02	1.980	31

PT: produtividade total; PC: produtividade comercial; RP: rendimento de polpa.

Quanto à massa média de fruto, observou-se que a heterose média foi de apenas 4,45% (2,6 g fruto⁻¹) (Tabela 12). A mínima e a máxima heterose encontrada nos cruzamentos foi -17,12% (-11,21 g fruto⁻¹) e 22,99% (15,12 g fruto⁻¹) observada nos híbridos RVTD-2009-03 x RVTD-2009-05 e RVTD-2009-06 x RVTD-2009-07 respectivamente. Vale ressaltar que os efeitos aditivos foram mais pronunciados na expressão da massa média de frutos de tomateiro em comparação aos efeitos não aditivos, dificultando a exploração da heterose (Tabela 12).

Tabela 12 - Heterose de 45 híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial, para as características massa média de frutos (MMF) e número de frutos por planta (NFP) cultivados em Guarapuava – PR. UNICENTRO, 2012.

Híbrido	MM		NFP		Híbrido	MM		NFP	
	g fruto ⁻¹	(%)	fruto planta ⁻¹	(%)		g fruto ⁻¹	(%)	fruto planta ⁻¹	(%)
1x2	8,97	13,09	0,53	1,65	3x10	-1,31	-1,91	12,88	43,06
1x3	10,83	13,98	-1,07	-3,76	4x5	6,59	10,57	4,80	13,47
1x4	-4,62	-6,21	0,34	1,13	4x6	-1,87	-2,64	8,86	28,07
1x5	-3,02	-4,39	14,26	42,84	4x7	-2,84	-4,54	11,82	32,60
1x6	10,60	13,67	9,13	31,29	4x8	0,26	0,42	8,75	22,03
1x7	8,23	11,92	0,90	2,65	4x9	2,37	4,14	9,93	27,37
1x8	5,84	8,44	0,58	1,55	4x10	11,81	18,01	10,72	34,49
1x9	-3,68	-5,78	7,75	22,85	5x6	6,47	9,88	12,56	35,74
1x10	-2,02	-2,81	9,34	32,55	5x7	4,83	8,47	10,63	26,69
2x3	-4,60	-7,05	15,63	46,95	5x8	8,33	14,58	5,08	11,72
2x4	-1,75	-2,81	11,89	34,48	5x9	-3,37	-6,54	24,94	61,46
2x5	-2,33	-4,13	10,56	27,75	5x10	8,63	14,40	7,76	22,40
2x6	-4,67	-7,15	9,28	27,33	6x7	15,12	22,99	2,46	6,88
2x7	-1,65	-2,89	9,26	23,96	6x8	5,39	8,18	3,33	8,49
2x8	5,85	10,27	4,13	9,80	6x9	-4,59	-7,60	13,12	36,97
2x9	8,52	16,58	1,17	3,02	6x10	5,90	8,59	0,52	1,71
2x10	5,20	8,71	13,30	39,73	7x8	5,36	9,32	-3,44	-7,83
3x4	-3,41	-4,80	9,27	30,00	7x9	5,00	9,62	10,46	25,88
3x5	-11,21	-17,12	13,88	40,23	7x10	6,94	11,51	19,89	56,46
3x6	-1,73	-2,33	8,50	27,96	8x9	0,31	0,60	24,65	56,14
3x7	5,98	9,09	8,52	24,30	8x10	8,64	14,31	3,62	9,36
3x8	0,67	0,51	7,59	19,69	9x10	5,35	9,76	10,09	28,60
3x9	-2,61	-4,33	5,93	16,89	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	Média	2,59	4,15	8,5	24,15

MM: massa média de frutos; NFP: número de frutos por planta.

Relatos comprovam a dificuldade de aumento da massa média do fruto de tomate por meio da heterose. Maluf et al. (1982) confirmaram a ausência de dominância para a massa média do fruto. Freitas et al. (1999) observaram valores negativos de heterose para a massa média de frutos de tomate, sendo explicados pela ausência de dominância no controle desta característica. Resende et al. (2000) relataram a ausência de heterose para a maior massa média de frutos de tomateiro mesmo quando os

genitores possuem alta divergência genética. Maciel et al. (2010) encontrou valores pouco insignificantes de heterose para a massa média de frutos, sendo esta característica controlada por genes de efeito aditivo. Ahmad et al. (2011) observaram a ausência de heterose a massa média de frutos de tomate.

Quanto a heterose para o número de frutos por planta, nota-se que os cruzamentos propiciaram um aumento médio de 24,15% (8,5 frutos planta⁻¹) em relação à média dos genitores (Tabela 12). A mínima heterose observada no ensaio veio do híbrido RVTD-2009-07 x RVTD-2009-08 que apresentou cerca de -7,83 (-3,4 frutos planta⁻¹) a menos que a média dos seus genitores (Tabela 12). Em contrapartida, o híbrido RVTD-2009-05 x RVTD-2009-09 teve a maior heterose para esta característica com cerca de 25 frutos planta⁻¹ (61,96%) a mais de frutos que a média de seus genitores. O número de frutos por planta é um componente secundário da produtividade total da cultura do tomate, e por apresentar heterose positiva com valores de grande magnitude, assume-se a este fenótipo como um dos principais componentes da produção responsáveis pelo aumento de produtividade na cultura do tomate através de aumento na heterose de cruzamento (FREITAS et al., 1999; AHMAD et al., 2010; SOUZA et al., 2012).

O valor médio de heterose para o teor de sólidos solúveis foi negativo pouco expressivo, chegando à -0,09 °Brix (-5,82%) (Tabela 13). Este fato é comprovado pelas estimativas de $\hat{\sigma}_{ii}$ obtidas neste experimento, em que somente três linhagens genitoras apresentaram valores negativos, mas com baixa amplitude, indicando uma pequena diversidade genética entre os indivíduos para esta característica (Tabela 13). O híbrido de menor heterose para teor de sólidos solúveis foi RVTD-2009-02 x RVTD-2009-07 que propiciou a heterose negativa de -16,62% (-0,67 °Brix) (Tabela 16). Valores expressivos de heterose para sólidos solúveis em frutos de tomate foram obtidos por Ahmad et al. (2011) que observaram um acréscimo médio via heterose de 3,89% no teor de sólidos solúveis em frutos de tomateiro em relação a média dos seus genitores. Souza et al. (2012) encontraram valores de heterose para o teor de sólidos solúveis em frutos de tomate indeterminado variando entre -21,81% até 36,70%.

Tabela 13 – Heterose de 45 híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial, para as características de espessura do mesocarpo (EM), teor total de sólidos solúveis (SS) e firmeza de frutos (FIR) cultivados em Guarapuava- PR. UNICENTRO, 2012.

Híbrido	SS		FIR		Híbrido	SS		FIR	
	° Brix	%	N	%		° Brix	%	N	%
1x2	-0,15	-3,61	6,03	101,51	3x10	-0,20	-4,54	-2,23	-29,54
1x3	0,08	2,08	0,06	1,01	4x5	-0,005	-0,12	-1,39	-22,93
1x4	0,08	2,08	-1,93	-33,44	4x6	0,23	5,78	-2,69	-36,94
1x5	0,61	14,80	1,04	23,88	4x7	-0,63	-16,0	-2,37	-28,87
1x6	-0,12	-2,96	1,26	22,45	4x8	-0,48	-11,0	0,28	4,29
1x7	-0,18	-4,55	-3,29	-50,30	4x9	-0,11	-2,74	-1,47	-21,87
1x8	-0,54	-12,35	-0,28	-5,89	4x10	0,10	2,27	-2,29	-30,90
1x9	-0,24	-5,75	0,96	19,16	5x6	-0,07	-1,70	0,43	7,39
1x10	-0,38	-8,77	-0,62	-10,91	5x7	0,47	11,75	0,40	5,94
2x3	0,33	8,04	-1,8	-23,13	5x8	-0,12	-2,71	0,42	8,21
2x4	-0,46	-11,16	-2,34	-30,75	5x9	-0,22	-5,21	2,31	43,50
2x5	-0,43	-10,2	0,93	15,04	5x10	-0,16	-3,72	1,52	25,33
2x6	0,2	4,84	-2,87	-38,52	6x7	0,04	1,01	-1,1	-13,64
2x7	0,67	16,62	-2,58	-30,78	6x8	0,25	5,74	0,93	14,73
2x8	0,32	7,19	-2,99	-44,86	6x9	-0,45	-10,8	-2,66	-40,71
2x9	-0,35	-8,23	-0,65	-9,52	6x10	-0,43	-9,96	-0,33	-4,63
2x10	-0,53	-11,9	-4,16	-55,05	7x8	-0,32	-7,52	-2,62	-36,08
3x4	-0,27	-6,58	1,09	14,36	7x9	-0,22	-5,43	-4,45	-59,58
3x5	-0,13	-3,26	2,15	34,67	7x10	0,40	9,49	-3,54	-43,41
3x6	-0,19	-4,79	-1,85	-24,83	8x9	-0,37	-8,27	-0,25	-4,33
3x7	-0,09	-2,39	-4,96	-59,18	8x10	-0,61	-13,1	-3,98	-61,60
3x8	0,24	5,58	0,57	8,61	9x10	-0,31	-7,02	-3,64	-54,65
3x9	0,34	8,24	-0,12	-1,81	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	Média	-0,09	-2,24	-1,00	-11,34

SS: sólidos solúveis; FIR: firmeza de frutos.

Para a firmeza dos frutos, observaram-se valores de heterose com elevada amplitude, e heterose média de -11,34% (-1,00 N). Desta forma os cruzamentos entre as linhagens de tomateiro com aptidão industrial reduziram a firmeza dos frutos em relação aos genitores (Tabela 13). O menor valor de heterose foi encontrado no híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-10 que apresentou frutos com -61,60% (-3,98 N) a menos de firmeza (Tabela 16). Por outro lado, a maior heterose observada dentre todas as características avaliadas foi para a firmeza de frutos do híbrido RVTD-2009-01 x RVTD-2009-08 que se apresentou cerca de 101,51% mais firmes (6,03 N) que a média dos genitores utilizados para a sua obtenção (Tabela 13).

5.5 Conclusões

- Os efeitos gênicos aditivos foram predominante sobre a massa média dos frutos, porcentagem de fruto grande, formato região terminal do fruto, formato do fruto e relação comprimento largura do fruto.

- Os efeitos não aditivos predominaram sobre a expressão das características relacionadas à produção de frutos e rendimento de polpa para o tomateiro industrial, viabilizando a procura por híbridos superiores por meio de efeitos heteróticos..
- As linhagens RVTD-2009-07 e RVTD-2009-08 apresentaram estimativas de \hat{g}_i positivas para a produção de frutos e rendimento de polpa tornando-as apropriadas para uso em programas de melhoramento que objetivem a melhoria destas características em genótipos de tomateiro industrial
- O híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 (RVTD-2009-53) apresentou estimativas positivas e com alta magnitude para \hat{s}_{ij} e heterose para a produção de frutos e rendimento de polpa, sendo este híbrido o mais promissor do experimento, superando as testemunhas comerciais utilizadas.

5.6 Referências Bibliográficas

AHMAD, S.; QUAMRUZZAMAN, A. K. M.; ISLAM, M. R. Estimate of heterosis in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Bangladesh journal Agril. Reseach**, v.36, n.03, p.521-527, 2011.

AHMAD, S.U.; SAHA, H.K.; SHARFUDDIN, A.F.M. Study of heterosis and correlation in tomato. **Thai J. Agri. Sci.**, v.21, p.117-123, 1988.

AMARAL JÚNIOR, A. T.; CASALI, V. W. D.; SCAPIM, C. A.; SILVA, D. J. H.; CRUZ, C. D. Análise dialélica da capacidade combinatória de cultivares de tomateiro. **Bragantia**, v.55, n.01, p.67-73, 1996.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2010. 394p. (1ª reimpressão).

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J.; CARNEIRO P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 2004. 375p.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 360p.

CRUZ, C. D.; VENCOVSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.425-438, 1989.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.

- FREITAS, J. A.; MALUF, W. R.; AZEVEDO, S. M.; BRAGA, R. S.; GOMES, L. A. A. Efeito dos alelos *ALC OG^c*, *HP* e heterose em características de produção de tomateiro. **Acta scientiarum**, v.21, n.03, p.439-446, 1999.
- GERALDINI, F.; JULIÃO, L.; BORGATO, E. Procuram-se agroindústrias. **Hortifruti Brasil**. n.104, p.8-23, 2011.
- GRIFFING, B. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. **Heredity**, v.10, p.31-50, 1956.
- GUL, R.; RAHMAN, H. U.; KHALIL, I. H.; SHAH, S. M. A.; GHAFOR, A. Heterosis for flower and fruit traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **African Journal of Biotechnology**, v.09, n.27, p.4144-4145, 2010.
- HANNAN, M. M.; AHMED, M. B.; ROY, U. K.; RAZVY, M. A.; RAHMAN, M. A.; ISLAM, M. A.; ISLAM, R. Heterosis, combining ability and genetics for brix (%), days to first fruit ripening and yield in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Scientific Research**, v.02, n.03-04, p.128-131, 2007.
- MACIEL, G. M.; MALUF, W. R.; SILVA, V. F.; GONÇALVES NETO, A. C.; NOGUEIRA, D. W.; GOMES, L. A. A. Heterose e capacidade de combinação em linhagens de tomateiro ricas em acilaçucaras. **Ciência e agrotecnologia**, v.34, n.05, p.1161-1167, 2010.
- MALUF, W. R. Heterose e emprego de híbridos F1 em hortaliças. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.327-356.
- MALUF, W.R.; FERREIRA, P.E.; MIRANDA, J.E.C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, v.06, n.03, p.453-460, 1983.
- MALUF, W. R.; MIRANDA, J. E. C.; CAMPOS, J. R. Análise genética de um cruzamento dialélico de tomate. I. Características referentes à produção de frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, n.04, p.633-634, 1982.
- MARTINEZ, P. B. A.; SANINT, P. R.; VALLEJO CABRERA, F. A. Análisis de la heterosis y de la habilidade combinatoria entre diferentes cultivares de tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., a partir de um cruzamento dialélico. **Acta Agronômica**, v.39, n.01, p.24-33. 1989.
- MELO PCT. Cultivares de tomate com características agronômicas e industriais para a produção de atomatados. **Horticultura Brasileira**, v.30. p.8446-8454, 2012.(suplemento)
- MELO P.C.T.; VILELA, N.J.; FONTE, L.C. Agroprocessamento do tomate no Brasil: realidade e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. **Anais**. Viçosa: ABH. Anais 51. Congresso Brasileiro de Olericultura (CD ROM), julho 2011.

MELO, P.C.T. de.; RIBEIRO, A. Produção de sementes de tomate: cultivares de polinização livre e híbridos. In: CASTELLANE, P.D.; NICOLSI, W.M.; HASEGAWA, M. **Produção de sementes de hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. p.193-224.

MELO, P.C.T. **Melhoramento genético do tomateiro**. ASGROW, Campinas, 1989. 55p. (impresso).

RESENDE, L. V.; MALUF, W. R.; RESENDE, J. T. V.; GOMES, L. A. A. Capacidade combinatória de linhagens de tomateiro do tipo santa cruz com diferentes níveis e controles genéticos de resistência a tospovírus. **Ciência Agrotecnologia**, v.24, n.03, p.549-559, 2000.

SOUZA, L. M.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; MELO, P. C. T.; MELO, A. M. T. Diallel cross among fresh market tomato inbreeding lines. **Hortic. bras.**, v.30, n.02, p.246-251, 2012.

SPRAGUE G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.34, n.10, p.923-932, 1942.

6. CAPÍTULO III

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE LINHAGENS DE TOMATEIRO INDUSTRIAL POR MEIO DE MARCADORES MORFOAGRONÔMICOS E MOLECULARES ISSR E CORRELAÇÃO COM HETEROSE E CAPACIDADE ESPECÍFICA DE COMBINAÇÃO

6.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi estimar a divergência genética entre dez linhagens de tomateiro industrial, através de marcadores morfoagronômicos e moleculares (ISSR), correlacionando-as com as estimativa de capacidade específica de combinação, heterose e a média geral para oito características agronômicas de interesse no tomateiro industrial. Utilizou-se primers ISSR e características morfoagronômicas para estimar a divergência genética entre os genitores por meio do coeficiente de similaridade de Jaccard (J) e da distância generalizada de Mahalanobis (D^2). O método de agrupamento utilizado foi UPGMA. Os resultados evidenciam que ambos marcadores foram eficientes ao estimar a divergência genética dos genitores, classificando a linhagem RVTD-2009-08 como o genitor mais divergente do estudo. A menor estimativa de similaridade genética obtida por Jaccard e Mahalanobis foi observada no híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 que também apresentou as maiores estimativas de capacidade específica de combinação, heterose e média geral para diversas características de importância. Não foi observada correlação significativa entre as medidas de divergência genética com as estimativas de capacidade específica, heterose e a média dos genótipos avaliados.

Palavras chave: predição de cruzamentos, divergência genética, marcadores moleculares, caracteres morfoagronômicos.

6.2 Introdução

Programas de melhoramento genético visando à obtenção de genótipos superiores apresentam uma infinidade de genótipos, passíveis de serem utilizados como genitores em cruzamentos visando a obtenção de híbridos ou populações segregantes superiores (FALEIRO, 2005). Uma técnica quantitativa bastante utilizada na seleção dos genitores são os cruzamentos dialélicos. Esta é uma técnica de escolha de genitores poderosa, pois fornece ao melhorista estimativas da capacidade de combinação de seus

genitores além de informar a melhor estratégia de melhoramento a ser seguida (CRUZ, 2004). No entanto, os dialelos apresentam uma séria limitação, que se refere ao número de genitores passíveis de serem utilizados em cruzamentos, que na sua maioria são poucos, impossibilitando a sua utilização em programas de melhoramento genético em fases iniciais (FERREIRA et al., 1995).

Algumas técnicas vêm sendo utilizadas como ferramenta na predição dos melhores genitores a serem utilizados em programas de melhoramento genético (MORALES et al., 2011a). Uma das formas de selecionar os melhores genitores é através da divergência genética entre dois indivíduos quaisquer. Essas metodologias diferenciam-se uma das outras pelos seguintes aspectos: habilidade em detectar diferenças, custos, facilidade de utilização, consistência e repetibilidade dos resultados (MILACH, 1998). Destaca-se como ferramentas preditivas de divergência genética, os marcadores moleculares e de natureza morfoagronômicas (AGUILERA et al., 2011; MORALES et al., 2011a; MORALES et al., 2011b).

Um dos marcadores moleculares recomendados para estudar a divergência genética entre indivíduos, são os ISSR (*inter simple sequence repeats*) que exploram regiões do genoma altamente repetido (CASTELLEN, 2000). Estes marcadores são derivados dos microssatélites, e utilizam *primers* com tamanho de 16 a 25 pares de bases, contendo sequências de dois ou três nucleotídeos (FERREIRA e GRATAPLAGRIA, 1998; WOLFE, 2005). Estes primers são capazes de amplificar via reação da polimerase em cadeia, bandas de DNA contendo entre 100 a 3000 pares de bases (FALEIRO, 2007). Uma das características dos ISSR é a alta repetibilidade dos resultados devido a maior temperatura de anelamento e a utilização de *primers* longos (BORNET e MRANCHARD, 2001). Atualmente, os marcadores ISSR vem sendo utilizados em estudos de populações naturais de plantas, fungos e insetos (WOLF, 2005), provando ser bastante útil na identificação da diversidade genética de diversas olerícolas de importância econômica como o morangueiro (MORALES et al., 2011a), pimentão (MENDES, 2009) e tomateiro (AGUILERA et al., 2011).

Outra ferramenta disponível para a caracterização e estudo da divergência genética entre diferentes genótipos são os marcadores de natureza morfoagronômicos (MORALES et al. 2011b). A principal vantagem deste tipo de marcador é o baixo custo para a obtenção dos resultados, não necessitando de avaliações complexas em laboratórios (VIEIRA, 2004). Como desvantagens, cita-se o fato que as características morfológicas são controladas por um número pequeno de locos e poucas das

características estão ligadas a genes de importância econômica, necessidade de avaliação quando planta adulta e também o efeito pronunciado do ambiente sobre estas características (FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998; CASTELLEN, 2000).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo estimar a divergência genética entre dez linhagens de tomateiro industrial, através de marcadores morfoagronômicos e moleculares (ISSR), correlacionando-as com as estimativa de capacidade específica de combinação, heterose e a média geral para oito características agronômicas de interesse no tomateiro industrial, com intuito de comprovar o uso eficiente da divergência genética na predição dos melhores genitores a serem utilizados em cruzamentos visando à obtenção de híbridos ou populações experimentais superiores.

6.3 Material e Métodos

6.3.1 Dados morfoagronômicos

Estimou-se a divergência genética dos indivíduos através de características morfológicas. Para isso, considerou-se ao todo 26 características de natureza fitotécnica, morfológica e de pós colheita que foram avaliadas nos genitores utilizados no dialelo . A descrição detalhada de como se obteve estas informações estão descritas a partir do item 4.4.4 deste trabalho. Os dados destas 26 características, foram submetidos inicialmente a uma análise de variância, e as características que não apresentaram resultados significativos foram excluídas da análise multivariada, utilizada para determinar a divergência genética dos genitores.

Os dados médios, referentes às características fitotécnicas, morfológicas e de pós colheita citadas anteriormente, foram submetidas a uma análise multivariada, utilizando o software estatístico genético Genes (CRUZ e CARNEIRO, 2006) que resultou na matriz de distância genética de Mahalanobis (D^2). Os dez genitores utilizados no experimento, são identificados com as codificações RVTD-2009-01 até RVTD-2009-10 e foram agrupados com base nos valores de D^2 utilizando-se o método de agrupamento UPGMA, dando origem então ao dendrograma com os genitores utilizados no ensaio.

6.3.2 Dados moleculares

O experimento foi conduzido no laboratório de biologia molecular da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) durante os meses de agosto a

outubro de 2012. Inicialmente coletaram-se folíolos de tomateiro com cerca de dez dias de vida, que foram levados até o laboratório, onde se procederam a extração e quantificação do DNA, PCR e análise dos géis.

6.3.2.1 Extração do DNA

Para a extração do DNA, cerca de 100 mg de tecido foram macerados em N₂ líquido. Posteriormente o tecido macerado foi transferido para tubos de 2,0 ml, imersos em N₂ para a extração de DNA de acordo com o protocolo de Doyle e Doyle (1987), com algumas modificações.

Em cada tubo foi adicionado 1 ml do tampão de extração pré-aquecido contendo 2% CTAB; 2,0 mol L⁻¹ NaCl; 20 mmol L⁻¹ EDTA; 100 mmol L⁻¹ Tris-HCl (pH 8,0); 2% PVP e 2,0% b- mercaptoetanol. Posteriormente adicionou-se 5 µl de proteinase K. Posteriormente, incubaram-se as amostras a uma temperatura 65 °C por 45 minutos. Em seguida, centrifugou-se a 10.000 rpm durante 10 minutos e o sobrenadante (cerca de 800 µl) foi transferido para um novo tubo, ao qual adicionou-se clorofórmio:álcool isoamílico (25:24:1). Realizaram-se várias inversões suaves durante 10 minutos até o material ficar turvo. Novamente, o material foi centrifugado e o sobrenadante foi transferido para um novo tubo, adicionando-se em seguida 200 µl de NaCl a 2,0 mol contendo 4% de PEG. As amostras foram incubadas por 15 minutos a 4 °C seguido de centrifugação. O sobrenadante foi removido e o precipitado recebeu dois terços (400 µl) de volume de isopropanol gelado. As amostras foram incubadas novamente a -70 °C por 20 minutos e em seguida centrifugado. Adicionou-se cuidadosamente sobre o pellet 200 µl de etanol a 75% com acetato de amônio. Realizou-se mais uma centrifugação sendo que em seguida deixou-se o DNA em condições ambientes para secar naturalmente. Ao final, o DNA foi ressuscitado em 100 µl de solução TE (Tris-EDTA – 10 mmol L⁻¹ Tris-HCl; 1 mmol L⁻¹ EDTA, pH 8,0) com RNase e incubado em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. Em seguida armazenaram-se as amostras a -20 °C até a quantificação do DNA.

A quantificação foi realizada por eletroforese em gel de agarose 0,8% (p/v) submetidos à eletroforese. Aliquotas de DNA de cada amostra foram aplicadas no gel, juntamente com um marcador de concentração conhecida (Lambda). A concentração das amostras foi estimada por comparação visual da intensidade de fluorescência das

bandas do DNA (Lambida). Posteriormente, o DNA foi diluído ($10 \text{ ng. } \mu\text{L}^{-1}$) para as reações de ISSR.

6.3.2.2 Análises por PCR

Para as análises moleculares foram testados 12 primers ISSR. As reações de amplificação do DNA de cada genótipo via PCR foram conduzidas em um volume final de $12,5 \mu\text{L}$ contendo: 20 ng de DNA; $0,2 \mu\text{M}$ de primer; $200 \mu\text{M}$ de cada dNTP; $1,5 \text{ mM}$ de MgCl_2 e 1 U de Taq DNA Polimerase e 1X de tampão para PCR. O termociclador foi programado para uma desnaturação inicial a 94°C por 5 minutos, seguida de 35 ciclos de 94°C por 45s, temperatura de anelamento dos primers por 45s e 72°C por 90s, e por fim 72°C por 5 minutos para extensão final dos fragmentos. As sequências dos primers utilizados e suas respectivas temperaturas de anelamento estão detalhadas na Tabela 1.

Os produtos de amplificação foram resolvidos por eletroforese em gel de agarose $1,8\%$ corado com brometo de etídio ($0,5 \mu\text{g mL}^{-1}$). Para determinação do tamanho dos fragmentos amplificados foi utilizado o marcador de peso molecular DNA Ladder 100 bp . O resultado da eletroforese foi visualizado em luz UV e fotodocumentador digital.

6.3.2.3 Análises estatísticas

Somente os primers que apresentaram produtos de amplificação com bom padrão de resolução foram considerados. Os indivíduos foram genotipados de acordo com a presença (1) e ausência (0) de bandas e uma matriz binária foi construída a partir desses dados. Com base nestas informações estimou-se o número total de bandas amplificadas (NBA), que é a soma do total de bandas amplificadas por todos os primers. O número de bandas polimórficas (NBP), que é a proporção das bandas polimórficas entre o total de bandas amplificadas e a porcentagem de bandas polimórficas (PBP) de cada primer. A similaridade genética entre os indivíduos foi mensurada pelo software estatístico genético NTSYS 2.2 utilizando o coeficiente de Jaccard e o dendrograma de similaridade entre os indivíduos foi desenhado pelo método UPGMA.

6.3.3 Correlações

Para verificar se a divergência genética dos genitores pode ser utilizado de forma preditiva na antecipação das combinações híbridas mais promissoras, correlacionou-se através da correlação simples de Person, os valores de distância genética de mahalanobis (D_{ij}^2) e a similaridade genética de Jaccard com os valores de capacidade específica de combinação, heterose e a média dos parentais para cada uma das características: produtividade total e comercial de frutos de tomate, rendimento de polpa, massa média de frutos, número de frutos por planta e teor de sólidos solúveis.

6.4 Resultados e Discussões

6.4.1 Marcadores ISSR

Oito dos 12 primers ISSR avaliados apresentaram polimorfismo, sendo que os iniciadores 861, 864, 873 e 878 não foram polimórficos, o que os levou a serem descartados para a realização do cálculo da similaridade genética entre as linhagens consideradas no estudo (Tabela 14).

Considerando-se apenas os marcadores polimórficos, nota-se que os mesmos foram capazes de amplificar 74 bandas, das quais 21 eram polimórficas, que foram utilizadas para o cálculo da similaridade genética entre as linhagens de tomateiro industrial (Tabela 14).

Tabela 14 – Primer ISSR, temperatura de anelamento (TA), sequência de bases 5' – 3', número total de bandas amplificadas (NBA), número total de bandas polimórficas (NBP), porcentagem de polimorfismo (PBP), tamanho das bandas (TB). UNICENTRO, 2012.

Primer	Sequência 5' – 3'	TA °C	NBA	NBP	PBP (%)	TB (bp)
807	(AG) ₈ T	55	9	5	55	240-950
808	(AG) ₈ C	50	10	4	40	250-1700
809	(AG) ₈ G	55	9	1	11	280-1100
810	(GA) ₈ T	50	11	5	45	300-1500
811	(GA) ₈ C	53	7	2	28	490-900
815	(CT) ₈ G	53	6	1	16	600-1800
835	(AG) ₈ YC	54	10	1	10	250-1200
836	(AG) ₈ YA	53	12	2	16	280-1400
Total	-	-	74	21	-	-
Média	-	-	9,25	2,62	27,62	-

Cada primer polimórfico amplificou em média 9,25 bandas, sendo destas 2,62 polimórficas (Tabela 14). O polimorfismo médio dos primers foi de 27,62%, sendo que

o tamanho das bandas amplificadas variou desde 240 pb até 1800 pb (Tabela 14). Os primers 807 e 810 utilizados neste estudo foram considerados como os mais polimórficos, identificando 5 bandas polimórficas, apresentando polimorfismo entre 55% e 45% respectivamente.

Os resultados encontrados neste trabalho estão em conformidade com os obtidos por Aguilera et al. (2011) que avaliaram 10 primers ISSR em 96 acessos de tomateiro do banco de germoplasma da UFV com intuito de obter estimativas de divergência genética entre os acessos armazenados e descrever quais os genitores passíveis de serem utilizados em futuros programas de melhoramento genético do tomateiro. Estes autores observaram que os primers utilizados amplificaram um total de 144 bandas, das quais apenas 53 foram polimórficas, o que representa um polimorfismo médio de 36,80%. Cada primer em média amplificou 5,3 bandas polimórficas. O número de primers utilizados por este autor foi baixo e acaba sendo justificado pelo grande número de acessos utilizados, uma vez que o aumento do número de primers a serem inseridos no estudo dificultaria a realização do mesmo. Todavia, no presente trabalho poder-se-ia ter utilizado mais primers, com intuito de tentar explorar ainda mais a diversidade genética dos indivíduos, uma vez que utilizou-se de um número pequeno de acessos. Contudo, mesmo com um número pequenos de acessos, mostra-se que comparativamente ao estudo de Aguilera et al. (2011) os resultados são bastante parecidos no que se diz respeito ao produto da amplificação dos primers, garantindo a confiabilidade destes resultados.

Outro resultado encontrado por Aguilera et al. (2011) que corrobora com os resultados obtidos neste ensaio foi quanto ao primer apresentou o maior polimorfismo. Estes autores relataram que o primer 810 (GA)₈T apresentou do total de bandas amplificadas, cerca de 50% eram polimórficas, sendo este valor muito próximo dos encontrados neste estudo que foram de 45% de polimorfismo. Estes autores discutem que o maior polimorfismo deste primer em plantas de tomate se dá pela sequência específica de nucleotídeos GA presentes no primer que é capaz de amplificar um maior número de bandas no DNA, vale ressaltar que o primer 807 foi considerado como o iniciador mais polimórfico deste ensaio, e o mesmo apresenta uma sequência (AG)₈T combinando os nucleotídeos adenina e guanina, corroborando novamente com os dados deste autor.

Outros trabalhos comprovam e viabilizam a utilização dos marcadores moleculares ISSR no pré-melhoramento do tomate. Tikunov et al. (2003) utilizaram 14

primers ISSR para a construção de uma árvore filogenética para cinco espécies de tomateiro. Seus resultados evidenciaram que apenas nove primers foram eficientes na diferenciação das espécies, sendo estes marcadores recomendados por estes autores para esta finalidade. Em outro trabalho Ray (2010) testou 20 primers ISSR em 6 variedades de tomateiro com o intuito de discriminá-las segundo a similaridade genética. Do total de primers utilizados, apenas 12 foram polimórficos, sendo que ao todo foram capazes de amplificar 118 bandas, das quais 57 foram polimórficas, sendo que estes marcadores apresentaram um polimorfismo médio de 56%. Este autor conclui que os marcadores ISSR constituem uma importante ferramenta no melhoramento do tomateiro, contribuindo para a seleção de genitores apropriados para uso em cruzamentos.

A similaridade média estimada pelo coeficiente de Jaccard com os marcadores ISSR foi de 36,31%, sendo que os valores variaram desde 5,88% entre as linhagens RVTD-2009-08 e RVTD-2009-09 até 53,85% entre as linhagens RVTD-2009-01 e RVTD-2009-02 (Tabela 15). Resultados superiores foram encontrados por Aguilera et al. (2011) que obtiveram uma média de 12,05% de divergência genética entre 96 acessos de tomateiro, possivelmente pelo pequeno número de primers considerados no estudo, que foram apenas 10 com polimorfismo declarado.

Tabela 15 – Similaridade genética, estimada por oito primers ISSR entre 10 linhagens de tomateiro industrial. UNICENTRO, 2012.

	RVTD-2009-01	RVTD-2009-02	RVTD-2009-03	RVTD-2009-04	RVTD-2009-05	RVTD-2009-06	RVTD-2009-07	RVTD-2009-08	RVTD-2009-09
RVTD-2009-02	53,85								
RVTD-2009-03	35,71	53,33							
RVTD-2009-04	41,67	40,00	33,33						
RVTD-2009-05	54,55	40,00	25,00	50,00					
RVTD-2009-06	45,45	33,33	26,67	41,67	41,67				
RVTD-2009-07	40,00	38,46	30,77	50,00	36,36	27,27			
RVTD-2009-08	23,08	33,33	18,75	6,25	30,77	14,29	7,69		
RVTD-2009-09	50,00	46,67	50,00	46,15	35,71	50,00	60,00	5,88	
RVTD-2009-10	33,33	33,33	26,67	30,77	30,77	77,78	27,27	6,67	50,00

Quanto ao agrupamento, observa-se que as linhagens dividiram-se em três grupos distintos (Figura 1). O grupo I foi formado apenas pela linhagem RVTD-2009-08 sendo considerado como o genitor menos similar comparando-se aos demais, apresentando aproximadamente 12% de similaridade genética com os outros genitores

estudados (Figura 1). Ainda sobre a linhagem RVTD-2009-08 vale enaltecer que em todas as combinações com outros genitores, cuja similaridade genética foi menor 18,75% o mesmo estava presente, provando a sua alta divergência genética quando comparado aos outros genitores (Figura 1). No grupo II ficaram reunidas apenas dois genitores RVTD-2009-10 e RVTD-2009-06 enquanto que o grupo III reuniu as outras sete linhagens utilizadas no dialelo, que são RVTD-2009-01, RVTD-2009-05, RVTD-2009-04, RVTD-2009-07, RVTD-2009-09, RVTD-2009-02 e RVTD-2009-03 (Figura 1).

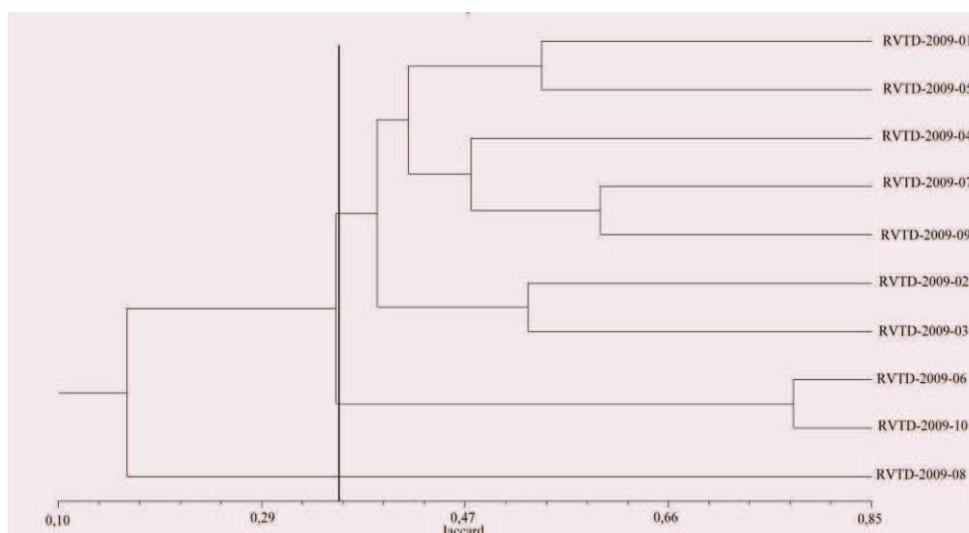


Figura 1 – Dendrograma de similaridade genética entre linhagens de tomateiro com aptidão industrial cultivadas em Guarapuava - PR. UNICENTRO, 2012.

De acordo com a literatura, para várias culturas de importância agrícola cuja exploração da heterose torna-se viável, inclusive na cultura do tomateiro (MALUF, 1983) os genitores que apresentam menores estimativas similaridade genética são aqueles que quando combinados possuem a maior probabilidade de produzirem indivíduos altamente heteróticos para diferentes características agrônômicas (FALCONER, 1987).

Com isso, de acordo com as estimativas de similaridade obtidas para este ensaio, pode-se prever que o híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 há de ser o genótipo que exploraria ao máximo a heterose para as diferentes características agrônômicas. Contudo, os resultados obtidos no dialelo comprovam e corroboram com os dados moleculares obtidos no ensaio, uma vez que o híbrido em questão figurou ao nível de campo como um dos híbridos de melhor heterose e capacidade específica de combinação. Vale enaltecer que o mesmo apresentou a maior heterose (85,20%) e CEC

(21.445 Kg ha⁻¹) para a produtividade total. Este mesmo genótipo figurou ainda como o segundo híbrido de maior heterose para a produção comercial (67,75%) e com uma das maiores CEC visualizadas no ensaio para esta característica (13.305 Kg ha⁻¹). Quanto ao rendimento de polpa, uma das principais características a ser considerada em um genótipo destinado ao mercado industrial, este híbrido também apresentou valores expressivos de heterose (70%) e CEC (2.183 kg ha⁻¹) sendo o segundo genótipo que mais rendeu polpa após a industrialização com 12.668 kg ha⁻¹..

As linhagens RVTD-2009-04 e RVTD-2009-07 apresentaram uma das maiores estimativas de similaridade do experimento, atingindo 50% de similaridade entre os genitores (Tabela 18) e concomitantemente a esse resultado, apresentou um dos valores de CEC mais negativos para a produtividade total (-198,60 Kg ha⁻¹). Por outro lado, o híbrido RVTD-2009-07 x RVTD-2009-08 foi um dos híbridos que apresentou uma das menores estimativas de similaridade genética com apenas 7,69% e em termos práticos a menor CEC (-13.516 Kg ha⁻¹) e uma das heteroses mais negativas (-7,70%) para a produtividade total (Tabela 18).

Vale lembrar que os marcadores moleculares são capazes de identificar segmentos de DNA presentes ao longo de todo o genoma da planta e com isso nem sempre os indivíduos com maior similaridade genéticas irão apresentar as maiores estimativas de heterose e CEC do ensaio, uma vez que este método é capaz de marcar regiões aleatórias do DNA que podem ou não estar ligada a regiões de importância (SOUZA JÚNIOR, 2001).

6.4.2 Caracteres morfoagronômicos

Das 26 características agronômicas e de pós-colheita avaliadas, apenas 16 foram significativas e utilizadas para estimar a divergência genética entre as linhagens. As características utilizadas foram: produtividade total e comercial, massa média de frutos, número de frutos por planta, número de dias para a antese e maturação do fruto, formato da região terminal do fruto, comprimento do fruto, relação entre comprimento e largura do fruto, coloração interna e externa do fruto, número de lóculos, espessura do mesocarpo, diâmetro da cicatriz peduncular, enfolhamento das plantas e teor de sólidos solúveis totais.

A distância genética de Mahalanobis (D^2) foi de 60% de dissimilaridade ou 40% de similaridade genética entre os genitores (Figura 2). Por ambos os métodos de

obtenção de estimativas de divergência genética os valores de similaridade entre as linhagens ficaram próximos um do outro, apresentando 36,31% de acordo com a D^2 e 40% pelo coeficiente de Jaccard.

As menores distâncias genéticas entre dois indivíduos foram 118.78, 131.89 e 188.30, observadas entre os genitores RVTD-2009-03 x RVTD-2009-05, RVTD-2009-02 x RVTD-2009-05 e RVTD-2009-04 x RVTD-2009-06 respectivamente (Tabela 16). Todavia, as maiores D^2 foram 2.884, 2.832, 2.657, 2.512 observados entre os genitores RVTD-2009-01 x RVTD-2009-08, RVTD-2009-01 x RVTD-2009-10, RVTD-2009-09 x RVTD-2009-10 e RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 respectivamente (Tabela 16).

Vale enaltecer que o híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 apresentou a menor similaridade genética (5,88%) (Tabela 15) e a quarta maior divergência genética obtida entre os genitores (D_{ij}^2 2.512) (Tabela 16), provando por meio de caracteres moleculares e agrônômicos que estes indivíduos são geneticamente divergentes e que a complementaridade dos locos gênicos de ambos foi capaz de produzir um dos híbridos de melhor desempenho do ensaio com elevados valores de produtividade total e comercial bem como um elevado rendimento de polpa.

Tabela 16 – Distância genética de Mahalanobis (D^2) de 10 linhagens de tomateiro industrial, estimadas por meio de marcadores morfoagronômicos. UNICENTRO, 2012.

	RVTD-2009-01	RVTD-2009-02	RVTD-2009-03	RVTD-2009-04	RVTD-2009-05	RVTD-2009-06	RVTD-2009-07	RVTD-2009-08	RVTD-2009-09
RVTD-2009-02	904,93								
RVTD-2009-03	1089,12	319,96							
RVTD-2009-04	756,16	574,72	428,77						
RVTD-2009-05	1208,17	131,89	118,78	614,37					
RVTD-2009-06	287,38	430,79	530,54	188,30	630,09				
RVTD-2009-07	1157,79	833,04	343,71	359,37	712,97	602,37			
RVTD-2009-08	2884,62	634,97	780,12	1647,47	466,60	1879,05	1658,99		
RVTD-2009-09	456,15	788,10	1285,98	650,52	1245,42	275,80	1415,78	2512,80	
RVTD-2009-10	2832,91	669,79	1162,08	2115,84	721,12	2092,93	2112,21	233,49	2657,43

Quanto ao dendrograma, realizado com base na D_j^2 média das linhagens, os genótipos foram divididos em apenas dois grupos (Figura 2). O grupo I foi composto apenas pelas linhagens RVTD-2009-08 e RVTD-2009-10 enquanto que no grupo II foram agrupados as outras 8 linhagens (Figura 2).

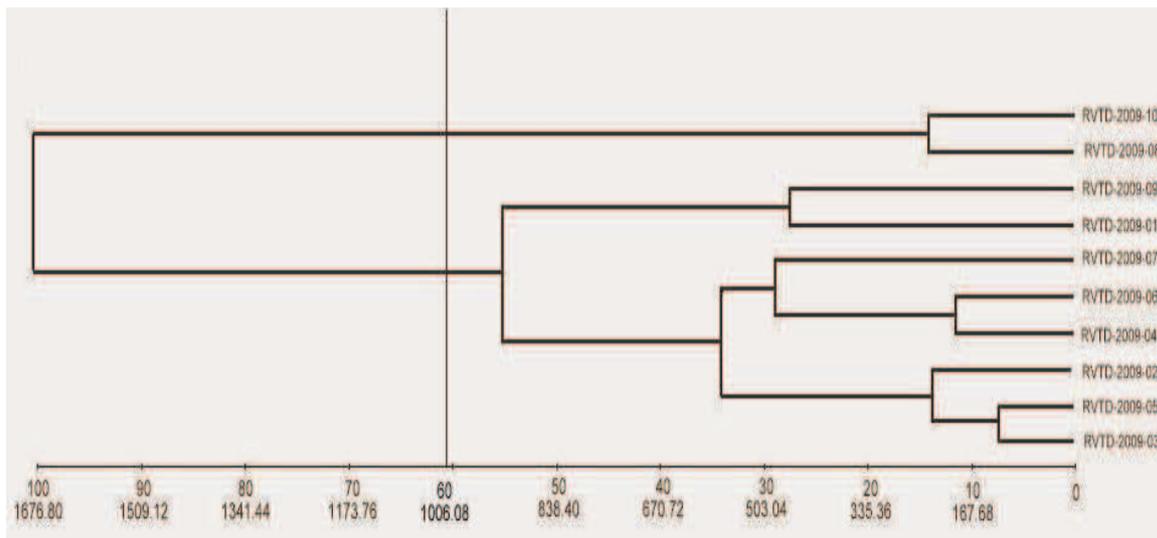


Figura 2 – Dendrograma com a distância generalizada de Mahalanobis relativos a 16 características morfoagronômicas quantitativas em linhagens de tomateiro com aptidão industrial. UNICENTRO, 2012.

Uma das grandes vantagens de utilização D^2 no estudo da divergência genética de indivíduos, é que este método evidencia o quanto cada característica considerada contribui relativamente para a divergência genética dos indivíduos (CRUZ e CARNEIRO, 2006). As características que mais contribuíram para o estudo de divergência genética dos genitores estudados em ordem decrescente foram: teor de sólidos solúveis (31,91%), comprimento de fruto (19,18%), produtividade comercial (16,83%), número de lóculos dos frutos (12,04%), espessura do mesocarpo (4,17%), produtividade total (3,67%) e massa média de frutos (2,63%) (Tabela 19). Todavia, o somatório dos valores relativos da contribuição de cada uma destas características atingem 90,43% da distribuição total, sendo então estas características consideradas importantes na avaliação da divergência genética das linhagens de tomateiro utilizadas como genitores no dialelo em questão (Tabela 17).

Paiva (2002) estimou a divergência genética entre linhagens de meloeiro e concluíram que o teor de sólidos solúveis foi a característica que mais contribuiu para a divergência genética dos indivíduos, contribuindo com 38,39%. Esses resultados corroboram com os obtidos neste experimento, uma vez que o teor de sólidos solúveis de frutos de tomateiro também foi a característica que mais contribuiu para a divergência genética das linhagens estudada.

Tabela 17 - Estimativas da contribuição relativa (%) de cada característica (\hat{s}_j) para a divergência genética entre os 10 genitores do dialelo, com base na participação total da distância generalizada de Mahalanobis (D_{ij}^2). UNICENTRO, 2012.

Característica	\hat{s}_j	Contribuição (%)	Característica	\hat{s}_j	Contribuição (%)
PT	2132,35	3,67	C/L	1342,80	2,31
PT_CM	9766,08	16,83	CIF	180,59	0,31
MMF	1525,77	2,63	CEF	1317,68	2,27
NFP	332,71	0,57	NLF	6986,84	12,04
NDA	112,89	0,19	EM	2422,28	4,17
NDMF	478,83	0,82	DCP	894,50	1,54
FRTF	98,55	0,16	EP	1065,37	1,83
CF	11131,97	19,18	SS	18.225,95	31,91

PT: Produtividade Total; PT_CM: Produtividade Comercial; MMF: Massa Média de Fruto; NFP: Número de Frutos por Planta; NDA: Número de Dias para a Antese; NDMF: Número de Dias para a Maturação do Fruto; FRTF: Formato Região Terminal do Fruto; CF: Comprimento do Fruto; C/L: Relação entre Comprimento e Largura do Fruto; CIF e CEF: Coloração Interna e Externa do Fruto; NLF: Número de lóculos do Fruto; EM: Espessura do Mesocarpo; DCP: Diâmetro da Cicatriz Peduncular; EP: Enfolhamento das plantas; SS: Sólidos Solúveis.

Em outro trabalho Marim et al., (2009) avaliaram a diversidade genética de 76 acessos de tomateiro do banco de germoplasma da UFV, e observaram que o comprimento do fruto foi uma das características agrônômicas que mais contribuíram para estimar a diversidade genética dos indivíduos, corroborando com os valores encontrados neste ensaio, uma vez que o comprimento do fruto foi a segunda característica que mais contribuiu para diferenciar as linhagens de tomateiro quanto a sua divergência genética.

As características que menos contribuíram para a estimativa de divergência genética dos genitores foram: formato da região terminal do fruto (0,16%), número de dias para antese (0,19%), coloração interna do fruto (0,31%), número de frutos por planta (0,57%) e número de dias para a maturação do fruto (0,82%) que juntas puderam contribuir com apenas 2,04% da distribuição total, devendo então ser deixadas de lado em programas de pré-melhoramento que objetivem selecionar genitores com base na divergência genética dos mesmos, uma vez que estes poucos contribuíram para o agrupamento dos genitores de acordo com a divergência genética (Tabela 17).

6.4.3 Correlações

Existe a expectativa de que genitores divergentes proporcionem bons híbridos, decorre do fato que a heterose manifestada em híbridos se dá em função dos efeitos da

dominância dos genes para o caráter em questão e do quadrado da diferença das frequências gênicas de seus genitores além dos efeitos epistáticos que na maioria das vezes são negligenciados (MALUF et al., 1983; FALCONER, 1987). Contudo, entende-se que quanto menor o grau de parentesco entre dois genitores maior será número de locos gênicos divergentes e conseqüentemente maior a divergência genética dos indivíduos (CRUZ e CARNEIRO, 2006).

A correlação ente D^2 e Jaccard não foram negativos (-0,35) indicando uma inversão de proporcionalidade entre essas duas grandezas, ou seja, a medida que se aumenta a D^2 entre dois genitores existe uma tendência de redução nas estimativas de similaridade estimadas por Jaccard (Tabela 18).

Tabela 18 - Coeficientes de correlação linear de Pearson entre distância generalizada de Mahalanobis, coeficiente de similaridade genética de Jaccard, heterose, capacidade específica de combinação e média geral para oito características de interesse em com base em valores médios de 45 híbridos experimentais de tomateiro com aptidão industrial. UNICENTRO, 2012.

Característica		Coeficientes de correlação			
		Mahalanobis	Jaccard	Heterose	CEC
Jaccard		-0,35*	-	-	-
PT	Heterose	0,22 ^{ns}	-0,06 ^{ns}		
	CEC	0,26 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,85**	
	Média	0,28 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,75**	0,88**
PC	Heterose	0,24 ^{ns}	-0,01 ^{ns}		
	CEC	0,007 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,27 ^{ns}	
	Média	0,27 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,71 ^{ns}	0,01 ^{ns}
RP	Heterose	0,15 ^{ns}	-0,08 ^{ns}		
	CEC	0,23 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,91**	
	Média	0,25 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,81**	0,86**
MM	Heterose	0,13 ^{ns}	0,03 ^{ns}		
	CEC	0,03 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,91**	
	Média	-0,24 ^{ns}	0,31*	0,56**	0,59**
NFP	Heterose	0,21 ^{ns}	-0,08 ^{ns}		
	CEC	0,21 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,92**	
	Média	0,36*	-0,40**	0,73**	0,75**
SS	Heterose	-0,08 ^{ns}	-0,05 ^{ns}		
	CEC	0,03 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,96**	
	Média	0,07 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,86**	-0,92**

^{ns} e * e ** não significativo, significativo e altamente significativo de acordo com teste de t a 5 e 1% de probabilidade de erro respectivamente.

A D^2 e Jaccard não se correlacionaram com a CEC, heterose e a média geral das características consideradas importantes na cultura do tomateiro com aptidão industrial (Tabela 18). Foram encontrados resultados significativo de correlação entre a distância genética de Mahalanobis e a média geral para o número de frutos por planta, indicando que indivíduos mais distanciados geneticamente proporcionam genótipos com maior

número de frutos por planta (Tabela 18). Valores significativos de correlação foram encontrados entre Jaccard e a média geral das características agronômicas massa média de frutos e número de frutos por planta, indicando que indivíduos mais similares apresentaram uma maior massa média de frutos e um menor número de frutos por planta (Tabela 18).

Uma consideração importante é que todas as características avaliadas são fenótipos quantitativos, ou seja, sua expressão é controlada por vários genes que interagem entre si, além de sofrerem com uma forte influência ambiental. Com isso torna-se difícil estabelecer valores globais de correlação altamente significativos e com grande magnitude.

Miranda et al. (1988) estimaram a correlação entre a heterose de 15 híbridos experimentais de pimentão com a diversidade genética dos genitores utilizados no estudo, para uma série de características agronômicas estudadas, e encontraram valores de correlação pouco expressivos, ficando abaixo de 0,4% na grande maioria das correlações. Estes autores ainda relatam que o importante para o melhorista não é a obtenção de valores elevados de correlação, mas que apresentem uma certa concordância entre as combinações mais divergentes e os híbridos mais superiores. Tal fato pode ser verificado neste estudo, em que apesar de não ser constatado uma correlação altamente significativa entre as estimativas morfoagronômicas e moleculares de divergência genética com a heterose, CEC e a média dos genitores, a combinação híbrida entre as linhagens RVTD-2009-08 e RVTD-2009-09 apresentou valores elevados de heterose, CEC e médias para uma série de características agronômicas e ao mesmo tempo valores baixos de similaridade genética. O mesmo pode ser observado em outras combinações híbridas. O híbrido RVTD-2009-07 x RVTD-2009-10 apresentou uma maior D_{ij}^2 e também elevados valores de CEC para a produção total, rendimento de polpa e massa média de frutos e número de frutos por planta.

Maluf et al. (1983) observaram que quanto maior a distância genética Euclidiana e D^2 maior foram às estimativas de heterose observada nos híbridos, apresentando correlação positiva e altamente significativa entre a divergência genética e a heterose em híbridos de tomateiro. Os resultados de correlação obtidos neste ensaio mostraram-se não significativos para com a D^2 e as estimativas de heterose, CEC e a média das características observadas nos híbridos de tomateiro. No entanto é importante ressaltar que quanto menor o número de híbridos na qual se procede às análises de correlação maior a chance de se obter estimativas significativas, sendo esta uma das possíveis

explicações para a discordância dos resultados deste ensaio com os de Maluf et al. (1983) uma vez que este autor correlacionou dados de heterose e divergência genética em apenas 15 híbridos enquanto que no trabalho em questão os valores de correlação foram obtidos em 45 híbridos experimentais.

Melo (1989) encontrou resultados que também discordam dos obtidos neste ensaio, em que os efeitos heteróticos foram mais pronunciados nas combinações híbridas constituídas por genitores com maior distanciamento genético ou menor grau de parentesco.

Ferreira et al. (1995) estimaram a divergência genética de 26 populações de milho comum e indicaram que o uso destas técnicas na predição de cruzamentos de sucesso em híbrido de milho. Guimarães et al. (2007) correlacionaram valores de heterose e CEC com estimativas de divergência genética estimada por marcadores AFLP e SSR em híbridos experimentais de milho comum, e observaram correlações significativas apenas com a heterose e não permitiram inferir sobre os cruzamentos mais promissores em programas de melhoramento genético. Estes autores encontraram resultados que corroboram diretamente com os dados obtidos neste ensaio, onde altas estimativas de divergência genética entre as linhagens não implicam necessariamente em altos valores de CEC e não são correlacionados com a maior produtividade em milho. Ao final o mesmo conclui que não é possível prever a CEC e a produtividade de híbridos de milho apenas com base nos valores de divergência genética. Contudo, Rinaldi et al. (2007) trabalhando com populações de milho pipoca, estimaram a divergência genéticas das mesmas com base em marcadores moleculares RAPD e concluíram que a divergência genética pode ser utilizada como parâmetro na predição dos cruzamentos de sucesso, produzindo híbrido superiores para as características de maior importância.

Paiva (2002) trabalhou com híbridos de meloeiro e relatou em seu estudo que nem sempre os híbridos mais heteróticos vão ser originados dos genitores com as maiores estimativas de divergências genéticas. Logo a heterose é uma medida comparativa da geração F_1 em relação a média dos pais e com isso a escolha de genitores não deve se basear apenas na divergência genética dos genitores, mas também no seu próprio desempenho.

Oliboni et al. (2012) realizou um dialelo com 12 híbridos simples de milho, com intuito de correlacionar a divergência genética dos genitores, estimada pela distância de mahalanobis, com os valores de heterose e CEC para os 66 híbridos duplos formados, com intuito de provar que as combinações com maior divergência genética são as que

produzem os genótipos mais heteróticos. Este autor prova em seu trabalho que não existiu correlação significativa entre a heterose e CEC para o peso de espigas de milho com os valores de divergência genética, que apesar de ser uma espécie alógama obteve resultados idênticos aos observados para tomate neste estudo. Este autor relata que a divergência genética é uma condição necessária para que ocorra heterose, mas não significa que seja uma condição suficiente para garantir a sua ocorrência, pois a heterose não depende apenas das frequências alélicas, como também da dominância e das interações epistáticas que foram negligenciadas em seu estudo. Este fato explica resultados encontrados neste experimento, em que os híbridos com baixas estimativas de diversidade genética apresentaram valores reduzidos negativos tanto para heterose quanto para CEC nas características agrônômicas avaliadas.

No entanto vale ressaltar que para as mais diversas culturas, os relatos do uso confiável das estimativas de divergência genética na predição de genitores a serem utilizados são contraditórios, devendo-se ficar atento a natureza, origem e genealogia dos genitores utilizados em cada programa de melhoramento genético.

Como dito anteriormente, o esperado com base na teoria sobre heterose e seus efeitos, é que quanto maior à distância ou a divergência genética entre dois genitores, mais positivos e de grande amplitude serão os valores de heterose, CEC e a média geral para cada característica (FALCONER, 1987). Contudo, para que estes valores sejam positivos é necessário que os efeitos genéticos não aditivos sejam predominantes sobre a expressão destas características, uma vez que os efeitos de dominância, sobredominância e epistasia são predominantes na expressão destas características. Por outro lado, quando os efeitos aditivos são predominantes na expressão de uma determinada característica, não se espera que a divergência genética se correlacione de maneira positiva com heterose, CEC e a média dos indivíduos avaliados.

Das oito características consideradas neste estudo de correlação, apenas a massa média de frutos apresentou uma maior influência dos efeitos aditivos sobre a sua expressão, e ao observamos os valores de correlação entre a D^2 e os parâmetros genéticos de heterose, CEC e a média dos genitores, embora que não sejam significativos, apenas a correlação com a média geral apresentou grandeza negativa, indicando uma tendência de que o aumento da divergência genética entre os indivíduos contribuiu para que reduzisse a média geral dos híbridos F_1 para a massa média dos frutos (Tabela 18).

Para a produtividade total e comercial, rendimento de polpa, número de frutos por planta e sólidos solúveis os efeitos não aditivos foram muito influentes na expressão destas características (Tabela 8). Para todas essas características, os valores de correlação entre D^2 a heterose, CEC e a média dos híbridos apresentaram grandezas positivas de correlação, embora não sejam significativos (Tabela 18).

O contrário era esperado com a similaridade genética, em que valores elevados de similaridade entre os genitores resultariam em combinações híbridas com menor média geral, heterose e CEC, sendo assim duas grandezas inversamente proporcionais. Nesse aspecto, é de se esperar que magnitudes positivas e negativas de heterose são encontradas em características com predominância de efeitos não aditivos e aditivos respectivamente. Com isso, pode-se observar que a única característica com efeitos aditivos pronunciados, foi a massa média de frutos, e a grandeza das correlações foram todas positivas, revelando uma tendência em que o aumento na similaridade genética dos indivíduos não promoveu a redução da heterose, CEC e da média da característica observada, uma vez que os efeitos de dominância e sobredominância não são responsáveis pela expressão fenotípica desta característica (Tabela 18).

Por outro lado, todas as características com sinais negativos de magnitude para a correlação com similaridade genética estimada por Jaccard, apresentaram efeitos não aditivos mais pronunciados na expressão fenotípica destas características, indicando a tendência de aumento nos valores de heterose, CEC e na média geral dos indivíduos quando a similaridade genética dos genitores foi menor (Tabela 20).

Para todas as características, exceto a produtividade comercial, observou-se à presença de valores altamente significativos e com magnitude positiva de correlação entre heterose e CEC e também com as médias para cada uma das características avaliadas, indicando que combinações híbridas com elevados valores de heterose apresentam também médias e CEC superiores (Tabela 18). Correlações altamente significativas e com grandezas positivas podem ser observadas entre a CEC e a média geral das características avaliadas indicando que híbridos que apresentam médias superiores consequentemente apresentam valores elevados de CEC (Tabela 18).

6.5 Conclusões

- Ambos os tipos de marcadores foram eficientes no agrupamento dos genitores de acordo com a estimativa de divergência genética, classificando o genitor RVTD-2009-08 como um dos genitores mais divergentes do estudo.
- O teor de sólidos solúveis e o comprimento do fruto foram as duas características que mais contribuíram para o estudo da divergência genética das linhagens de tomateiro utilizadas como genitores.
- As menores estimativas de similaridade genética estimada por Jaccard e D^2 apontaram para o híbrido RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09, como um dos híbridos de maior estimativa de heterose, CEC e médias para diversas características de importância.
- As combinações híbridas RVTD-2009-08 x RVTD-2009-09 e RVTD-2009-07 RVTD-2009-10 apresentaram uma elevada divergência genética entre os genitores e ao mesmo tempo valores elevados de heterose, CEC e médias para as características avaliadas.

6.6 Referências Bibliográficas

AGUILERA, J. G.; PESSONI, L. A.; RODRIGUES, G. B.; ELSAYED, A. Y.; SILVA, D. J. H.; BARROS, E. G. Genetic variability by ISSR markers in tomato (*Solanum lycopersicon* Mill.). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.06, n.02, p.243-252, 2011.

BORNET, B.; BRANCHARD, M. Nonanchored Inter Simple Sequence Repeat SSR Markers; reproducible and specific tools for genome fingerprinting. **Plant Molecular Biology Reporter**, v.19, p.209-215, 2001.

CASTELLEN, M. S. **Uso de marcadores RAPD e isoenzimáticos na quantificação da diversidade genética em população naturais de *Esenbeckia leiocarpa* Engl.** 2000. 73 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J.; CARNEIRO P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: UFV, 2004. 375p.

DOYLE, J. J., DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, v.12, p.13-15, 1987.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa.** Viçosa: UFV, 1987. 279p

FALEIRO, F. G. **Marcadores Genético-Moleculares.** Brasília: EMBRAPA, 2007. 102 p.

FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, M. X.; RAMALHO, M. A. P. Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.09, p.1189-1194, 1995.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Brasília: EMBRAPA, 1998. 219 p.

GUIMARÃES, P. S.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; LUDERS, R. R.; SOUZA, A. P.; LABORDA, P. R.; OLIVEIRA, K. M. Correlação entre heterose de híbridos de milho com divergência genética entre linhagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, n.06, p.811-816, 2007.

PAIVA, W. O. Divergência genética entre linhagens de melão e a heterose de seus híbridos. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.01, p.34-37, 2002.

MALUF, W.R.; FERREIRA, P.E.; MIRANDA, J.E.C. Genetic divergence in tomatoes and its relationship with heterosis for yield in hybrids. **Revista Brasileira de Genética**, v.06, n.03, p.453-460, 1983.

MARIM, B. G.; SILVA, D. J. H.; CARNEIRO, P. C. S.; MIRANDA, G. V.; MATTEDI, A. P.; CALIMAN, F. R. B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.10, p.1283-1290, 2009.

MELO, P.C.T. **Heterose e capacidade combinatória em um cruzamento dialélico parcial entre seis cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.)**. 1987. 107p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

MENDES, A. Q. **Divergência genética e capacidade de combinação em linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.)**. 2009. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Melhoramento de genético de plantas) - Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, RE.

MILACH, S.C.K. **Marcadores moleculares em plantas**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

MIRANDA, L. E. C.; CRUZ, C. D.; COSTA, C. P. Predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) pela divergência genética dos progenitores. **Revista Brasileira de Genética**, v.11, n.04, p. 929-937, 1988.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, J. T. V.; FARIA, M. V.; ANDRADE, M. C.; RESENDE, L. V.; DELATORRES, C. A.; SILVA, P. R. Genetic similarity among strawberry assessed by RAPD and ISSR markers. **Scientia Agricola**. v.68, n.06, p.665-670, 2011a.

MORALES, R. G. F.; RESENDE, J. T. V.; FARIA, M. V.; SILVA, P. R.; FIGUEIREDO, A. S. T.; CARMINATTI, R. Divergência genética em cultivares de morangueiro, baseada em caracteres morfoagronômicos. **Ceres**, v.58, n.03, p.323-329, 2011b.

OLIBONI, R.; FARIA, M. V.; NEUMANN, M.; BATTISTELLI, G. M.; TEGONI, R. G.; RESENDE, J. T. R. Genetic divergence among maize hybrids and correlations with heterosis and combining ability. **Acta Scientiarum**, v.34, n.01, p.37-44, 2012.

OLIVEIRA, V. R.; SCAPIM, C. A.; CASALI, V. W. D. Diversidade genética e eficiência da predição do comportamento de híbridos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Acta Scientiarum**, v.20, n.03, p.263-267, 1998.

RAY, D. P. Molecular characterization of six released tomato varieties using inter simple sequence repeat markers. **Indian Journal of Horticulture**, v.67, n.03, p.328-332, 2010.

RINALDI, D. A.; PÍPOLO, V. C.; GERAGE, A. C.; RUAS, C. F.; FONSECA JÚNIOR, N. S.; SOUZA, A.; SOUZA, S. G. H.; GARBUGLIO, D. D. Correlação entre heterose e divergência genética estimada por cruzamentos dialélicos e marcadores moleculares RAPD em populações de milho pipoca. **Bragantia**, v.66, n.02, p.183-192, 2007.

SOUZA JÚNIOR, C. L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES, M. C. (Ed.). **Recursos genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.159-200.

TIKUNOV, Y. M.; KHRUSTALEVA, L. I.; KARLOV, G. Application of ISSR markers in the genus *Lycopersicon*. **Euphytica**, v.131, n.01, p.71-81, 2003.

WOLFE, A.D. ISSR techniques for evolutionary biology. **Methods Enzimol.**, n.395, p.134-144, 2005.

VIEIRA, E.S.N. **Marcadores morfológicos, bioquímicos e moleculares na caracterização de cultivares de soja e café**. 2004. 137p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que com base nos resultados de desempenho dos diferentes genótipos de tomateiro utilizados neste estudo, que a recombinação da variabilidade genética, realizada através dos cruzamentos dialélicos permitiu à obtenção de genótipos experimentais com desempenho superior as testemunhas comerciais, provando que existe a possibilidade de obtenção de híbridos de tomateiro potenciais capazes de serem utilizados comercialmente. Existe a necessidade de se aplicar um índice de seleção, com intuito de selecionar uma porcentagem dos genitores avaliados, que concilie características agronômicas e de pós-colheita de interesse para este segmento de mercado. Estes genótipos selecionados devem ser avaliados em vários locais, em ensaios com repetições com intuito de provar a superioridade dos mesmos em relação aos genótipos comerciais comumente utilizados nas mais diversas regiões produtoras.

Ficou evidente para cada característica avaliada, qual eram os efeitos genéticos envolvidos na expressão das mesmas, direcionando futuros programas de melhoramento genético com intuito de melhorar as características agronômicas e de pós-colheita dos genótipos. Vale enaltecer, que para o melhoramento do tomateiro industrial este é um trabalho inédito, o que justifica a sua realização e elaboração de novas estratégias a serem seguidas no melhoramento desta cultura.

Os valores de capacidade geral e específica de combinação evidenciaram genitores e combinações híbridas que apresentaram resultados satisfatórios respectivamente. Esses genótipos deveram ser utilizados em programas futuros de melhoramento genético com intuito de obter híbridos com bom desempenho e heterose, e também extrair linhagens elite a partir de populações segregantes geradas a partir dos mesmos.

Marcadores moleculares e morfoagronômicos, foram eficientes do agrupamento dos genitores, corroborando em relação a diversidade genética e orientação dos mesmos dentro de cada grupo. No entanto as medidas de diversidade genética não se demonstraram intimamente ligadas aos valores de capacidade específica, heterose e a média dos genitores, não sendo possível assim a criação de um esquema de predição dos melhores cruzamentos com base na divergência genética dos genitores, uma vez que está não é a única condição para a existência de híbridos altamente heteróticos e produtivos.