

LUCAS DA SILVA SANTOS

**SELEÇÃO DE LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO EM DOIS SISTEMAS DE
CULTIVO SOB TEMPERATURAS ELEVADAS**

**RECIFE
2012**

LUCAS DA SILVA SANTOS

**SELEÇÃO DE LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO EM DOIS SISTEMAS DE
CULTIVO SOB TEMPERATURAS ELEVADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas”, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia/melhoramento genético de plantas.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof. Dr. Dimas Menezes, Orientador – UFRPE

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho, Coorientador - UFRPE

Dr. Roberto de Albuquerque Melo, Coorientador – UFRPE

**RECIFE
2012**

Ficha catalográfica

S237s Santos, Lucas da Silva
Seleção de linhagens F₅ de tomateiro em dois sistemas de cultivo sob temperaturas elevadas / Lucas da Silva Santos. -- Recife, 2012.
78 f. : il.

Orientador(a): Dimas Menezes.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento Agronomia, Recife, 2012.

Referências.

1. *Solanum lycopersicum* 2. Melhoramento genético
3. Tolerância a altas temperaturas 4. Adaptabilidade
5. Estabilidade genotípica I. Menezes, Dimas, orientador
II. Título

CDD 581.15

SELEÇÃO DE LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO SOB TEMPERATURAS ELEVADAS

LUCAS DA SILVA SANTOS

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: ____/____/____

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Dimas Menezes - DEPA/UFRPE

EXAMINADORES:

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho - DEPA/UFRPE

Prof^a. Dr^a Márcia Vanusa da Silva - UFPE

Dr. Roberto de Albuquerque Melo UFRPE/CAPES/PNPD

**RECIFE
2012**

A Deus

Ofereço

À minha mãe, Francisca Venâncio da Silva Santos, ao meu pai, Antônio Soares dos Santos, aos meus irmãos, Franciane da Silva Santos e Silas da Silva Santos por sempre acreditarem em meu desempenho e amor incondicional...

Dedico

*Pensamos demasiadamente
Sentimos muito pouco
Necessitamos mais de humildade
Que de máquinas.
Mais de bondade e ternura
Que de inteligência.
Sem isso,
A vida se tornará violenta e
Tudo se perderá.*

Charles Chaplin

Agradecimentos

À minha família, pelo apoio incondicional, confiança depositada e dedicação a minha formação. À minha mãe que nunca mediu esforços para realização desse objetivo.

Ao meu pai, pelos ensinamentos e dedicação na formação do meu caráter, fazendo-me crescer e ser merecedor de mais uma conquista importante como essa.

Aos meus irmãos pela força e amor em todos os momentos. Em especial a minha irmã Franciane, pela lapidação do meu caráter, apoio às minhas escolhas e conselhos nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Dimas Menezes, pela amizade e dedicação, pelo exemplo de professor, pelos conhecimentos passados e, acima de tudo, por estar sempre presente e receptivo.

Ao meu coorientador Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho, pela amizade, atenção e sugestões para este trabalho, além dos conhecimentos transmitidos durante o mestrado.

Ao meu coorientador Dr. Roberto de Albuquerque Melo por estar sempre receptivo a ajudar, pelos conhecimentos passados, pela amizade e auxílio na condução dos experimentos e sugestões na elaboração da dissertação.

Ao Prof. Dr. Paulo Vanderlei Ferreira pela amizade, profissionalismo e dedicação a orientar, pela confiança e por me incentivar a fazer o mestrado.

Ao Prof. Dr. José Wilson da Silva pela amizade, profissionalismo, receptividade e dedicação em formar pessoas éticas. E pela decisão acertada de me incentivar a fazer o mestrado na Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Aos Professores do mestrado Clodoaldo José da Anunciação Filho, Dimas Menezes, Diogo Goncalves Neder, Edson Ferreira da Silva; Francisco José de Oliveira; Gerson Quirino Bastos; José Luiz Sandes de Carvalho Filho, Mario de Andrade Lira Junior, Péricles de Albuquerque Melo Filho, Rosimar dos Santos Musser e Vivian Loges pelos ensinamentos e dedicação ao Programa de Melhoramento Genético de plantas da UFRPE.

À prof^a Dra. Cristiane Guiselini e seu orientado Sávio Cavalcanti pelo suporte na coleta dos dados meteorológicos nos experimentos.

À secretária do Programa de Pós-Graduação Bernadete Pinto de Lemos pela paciência, atenção dada e constantes ajudas fornecidas.

Aos colegas do Mestrado: Adriana Moreira, Alisson Esdras, Ana Luisa, Ana Rafaela, Felipe Vasconcelos, Guilherme Diniz, Gustavo Hugo, Hudsonkleio, Hudson Rabelo, Horace, Paulo Ricardo, Alysson Jalles, Ismael Gaião, Ivanildo, Jayne, José Carlos, João Filipi, Kessyana Pereira, Lenivânia, Lindomar, Marciana Moraes, Marília Gabriela, Natália, Rebeca, Ramon Vasconcelos, Rodolfo Damaso, Renata Medeiros, Samy Pimenta, Silvan Brito, Taciana e Thiago Prates pelo bom convívio, amizade e conhecimentos compartilhados durante esse tempo.

Aos amigos estimáveis Alysson Jalles, Ana Luiza, Felipe Vasconcelos, Guilherme Diniz, Hudson Rabelo, João Filipe e Silvan Gomes, pela amizade e ajuda nas horas difíceis.

Aos grandes amigos Antônio Henrique, Celestino Tsimpho, Kleyton Danilo, Mara Suyane, Max Henrique, Nadielan Lima e Paulo Ricardo, pela amizade, conselhos e bons momentos.

Aos estagiários do setor de olericultura Arlan Clímaco, Carla Louize, Carlos, Deiverson, Ítalo, José Luiz, Marcelo Medeiros, Milka Lacerda, Rhuan Pastoriza, Romero Cavalcanti, Vitor Chaves e aos funcionários Severino, Roberval, Jarbas e Gelsino, pelo apoio e companheirismo na condução e avaliação dos experimentos.

Ao apoio institucional e financeiro da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelo apoio financeiro ao projeto de Melhoramento genético de solanáceas e pela concessão da bolsa de mestrado.

A CAPES pelo apoio institucional e financeiro, concedendo-me a oportunidade de cursar disciplinas e participar de atividades relacionadas à pesquisa na Universidade Federal de Lavras - UFLA através do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD).

Enfim, a todos que contribuíram para que eu concluísse com êxito esta etapa de minha vida,

Muito Obrigado!

RESUMO

SELEÇÃO DE LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO EM DOIS SISTEMAS DE CULTIVO SOB TEMPERATURAS ELEVADAS

As condições ambientais adversas, principalmente temperaturas elevadas ao qual o tomateiro é submetido, provocam menor fertilização das flores, diminuindo o pegamento dos frutos e conseqüentemente a produtividade. A temperatura ideal para o melhor desenvolvimento e frutificação da planta é de 25 a 28°C durante o dia e 15 a 18°C durante a noite, fora desses limites, a planta passa a ter problemas na fixação de frutos. Desse modo, objetivou-se com esse trabalho selecionar linhagens F₅ de tomateiro quanto à tolerância a altas temperaturas e a adaptabilidade e estabilidade genética em dois ambientes de cultivo. Foram avaliadas 20 linhagens F₅, e como testemunhas a cultivar Yoshimatsu e o híbrido SE 1055 F₁. Os valores médios da temperatura máxima durante o período do experimento no interior da casa de vegetação e no campo foram de 37,46°C e 32,55°C, respectivamente, considerados fora dos limites ideais ao desenvolvimento do tomateiro, principalmente em casa de vegetação, onde a média da temperatura máxima ficou muito acima da ideal. As linhagens 08, 12 e 13 apresentaram maior porcentagem de pegamento de frutos na casa de vegetação, já no campo, não houve diferença entre as linhagens. As linhagens 06 e 08 e a cultivar Yoshimatsu, no experimento de campo, apresentaram média de massa comercial de frutos por planta superior a 4,0 kg. As linhagens 06 e 08 apresentaram maior adaptabilidade e estabilidade e produtividade para massa de frutos comerciais por planta, aos dois ambientes, sendo, para efeito de seleção, as mais indicadas.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, melhoramento genético, tolerância a altas temperaturas, adaptabilidade e estabilidade genotípica.

ABSTRACT

SELECTING LINES F₅ TOMATO IN TWO CROPPING SYSTEMS AT ELEVATED TEMPERATURES

Adverse environmental conditions, particularly high temperatures in tomato cause lower fertilization of the flowers, reducing fruit set and consequently the productivity. The ideal temperature for a better development and fruiting plant is 25 to 28°C during the day and 15 to 18°C overnight, outside these limits, the plant has trouble setting fruit. Thus, the aim of this work was to select F₅ lines of tomato high temperature tolerance and genetic stability and adaptability in two culture environments. We evaluated 20 lines F₅, and two controls Yoshimatsu and hybrid SE 1055 F₁. The maximum mean temperature during the experiment inside the greenhouse and in the field were 37.46°C and 32.55°C, respectively, considered out of range to the ideal development of tomato, especially in the greenhouse, where the average maximum temperature was far above the ideal. Lines 08, 12 and 13 showed the highest percentage of fruit in a greenhouse, however in the field, there was no difference between lines. In field experiment, the cultivar Yoshimatsu and lines 06 and 08, showed average mass commercial fruit per plant more than 4.0 kg. Lines 06 and 08 showed high adaptability and stability and productivity for mass marketable fruits per plant, in the two environments, and for purposes of selection, the most suitable.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, breeding, tolerance to high temperature, adaptability and genotypic stability.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

TOLERÂNCIA A ALTAS TEMPERATURAS EM LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO

- Tabela 1.** Caracterização dos genótipos para as principais características morfológicas segundo o descritor do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).....40
- Tabela 2.** Valores dos quadrados médios para número total de frutos por planta (NTF/PL), pegamento de frutos (PEG), massa de frutos não comerciais por planta (MFNC/PL), massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e rendimento de frutos comerciais (REND) avaliados em casa de vegetação e em campo. UFRPE, Recife, PE, 2012.....41
- Tabela 3.** Estimativas das médias para número total de frutos por planta (NTF/PL), pegamento de frutos (PEG), massa de frutos não comerciais por planta (MNFC/PL), massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e rendimento de frutos (REND). Avaliadas em dois ambientes em Recife, PE, 2012.....42

CAPÍTULO III**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE PROGÊNIES F₅ DE TOMATEIRO EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO UTILIZANDO A METODOLOGIA DOS MODELOS MISTOS**

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabela 1. | Parâmetros genéticos (REML Individual), para os caracteres massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e pegamento de frutos (PEG). UFRPE, Recife, PE, 2012..... | 59 |
| Tabela 2. | Ordem dos genótipos selecionados, considerando os dois ambientes, para massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e pegamento de frutos (PEG). UFRPE, Recife, PE, 2012..... | 60 |
| Tabela 3. | Adaptabilidade e estabilidade genotípica, para massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e pegamento de frutos (PEG). UFRPE, Recife, PE, 2012..... | 61 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

TOLERÂNCIA A ALTAS TEMPERATURAS EM LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO

- FIGURA 1.** Temperatura e umidade relativa máxima, mínima e média no experimento em casa de vegetação, nos meses de março a junho. UFRPE, Recife, PE, 2012.....26
- FIGURA 2.** Temperatura e umidade relativa máxima, mínima e média do experimento em campo, nos meses de março a junho. UFRPE, Recife, PE, 2012 de 2012.....27
- FIGURA 3.** Saldo de radiação dentro da casa de vegetação e em campo, nos meses de março a junho. UFRPE, Recife, PE, 2012.....27

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| RESUMO..... | VIII |
| ABSTRACT..... | IX |
| CAPÍTULO I | |
| INTRODUÇÃO GERAL..... | 1 |
| 1 Introdução..... | 2 |
| Referências..... | 4 |
| 2 Revisão bibliográfica..... | 5 |
| 2.1 Origem e história do tomateiro..... | 5 |
| 2.2 Reclassificação botânica..... | 6 |
| 2.3 Melhoramento genético do tomateiro..... | 6 |
| 2.4 Melhoramento por hibridação..... | 8 |
| 2.5 Métodos de condução de populações segregantes recomendados para plantas autógamas..... | 8 |
| 2.6 Método descendente de uma única semente (SSD)..... | 9 |
| 2.7 Cultivo do tomateiro em ambiente protegido..... | 10 |
| 2.8 Tolerância a altas temperaturas e pegamento de frutos..... | 11 |
| 2.9 Modelos mistos..... | 12 |
| Referências..... | 14 |
| CAPÍTULO II | |
| TOLERÂNCIA A ALTAS TEMPERATURAS EM LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO..... | 21 |
| RESUMO..... | 22 |
| ABSTRACT..... | 23 |
| 1 Introdução..... | 24 |
| 2 Material e métodos..... | 26 |
| 2.1 Local, ano e período de condução dos experimentos..... | 26 |
| 2.2 Caracterização climática dos ambientes estudados..... | 26 |
| 2.3 Obtenção das linhagens F ₅ de tomateiro..... | 28 |
| 2.4 Experimento 1: avaliação das linhagens F ₅ de tomateiro em casa de vegetação..... | 28 |
| 2.5 Experimento 2: avaliação das linhagens F ₅ de tomateiro em campo..... | 30 |
| 2.6 Análises estatísticas..... | 30 |
| 3 Resultados e discussão..... | 32 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Caracterização morfológica comercial dos genótipos..... | 32 |
| 3.2 | Temperatura, umidade e radiação solar..... | 33 |
| 3.3 | Análise de variância conjunta..... | 33 |
| 3.3.1 | Número total de frutos por planta (NTF/PL)..... | 34 |
| 3.3.2 | Pegamento de frutos (PEG)..... | 35 |
| 3.3.3 | Massa de frutos não comerciais por planta (MFNC/PL)..... | 36 |
| 3.3.4 | Massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL)..... | 36 |
| 3.3.5 | Rendimento de comerciais (REND)..... | 37 |
| 4 | Conclusão..... | 39 |
| | Referências..... | 43 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----|---|-----------|
| | ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE GENÉTICA DE LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO UTILIZANDO A METODOLOGIA DOS MODELOS MISTOS..... | 47 |
| | RESUMO..... | 48 |
| | ABSTRACT..... | 49 |
| 1 | Introdução..... | 50 |
| 2 | Material e métodos..... | 52 |
| 2.1 | Local, ano e período de condução dos experimentos..... | 52 |
| 2.2 | Obtenção de linhagens F ₅ de tomateiro..... | 52 |
| 2.3 | Experimento 1: avaliação das linhagens F ₅ de tomateiro em casa de vegetação..... | 52 |
| 2.4 | Experimento 2: avaliação das linhagens F ₅ de tomateiro em campo..... | 53 |
| 2.5 | Análises genético estatísticas..... | 54 |
| 3 | Resultados e discussão..... | 55 |
| 4 | Conclusão..... | 58 |
| | Referências..... | 62 |

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro, *Solanum lycopersicum*, tem sua origem na região da Cordilheira dos Andes, onde pesquisas apontam que era cultivado pelos incas e astecas há cerca de 1300 anos (HARVEY et al., 2002). Atualmente é cultivado em regiões tropicais e subtropicais no mundo inteiro, tanto para consumo fresco, no cultivo tutorado, como para a indústria de processamento, através do cultivo rasteiro (SANTOS et al., 2011; SILVA; GIORDANO, 2000).

O tomate ocupa lugar de destaque na mesa do consumidor o que o leva a ter promissora perspectiva de evolução, tendo em vista os constantes aumentos da demanda, tanto do produto em forma natural quanto industrializado, atingindo o patamar de segunda hortaliça mais cultivada no mundo, sendo superada apenas pela batata (FOOLAD, 2007).

A China e os Estados Unidos são os principais produtores mundiais, com 41,87 e 12,90 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2010). O Brasil é o nono maior produtor mundial, englobando os segmentos de mesa e processamento industrial, com 66.418 hectares, o que reflete uma produção de 4,14 milhões de toneladas, contribuindo com 2,8% da produção total (IBGE, 2011).

A região Sudeste é a maior produtora de tomate do país, apesar do forte crescimento da região Centro Oeste nos últimos anos, com destaque para o estado de Goiás, maior produtor do Brasil, cuja produção em 2011 alcançou a marca de 1,38 milhões toneladas de frutos, equivalente a 33,28% da produção nacional dessa hortaliça. O Nordeste participa com 14,45% da produção de tomate no Brasil, com uma área plantada de 14.100 hectares, produção de 599.130 toneladas e rendimento de 42,48 t.ha⁻¹ (IBGE, 2011).

Vários problemas dificultam o cultivo do tomateiro no Brasil, podem-se citar como principais as doenças causadas por viroses, bactérias, fungos e nematoides, o ataque de insetos e ácaros e o pegamento de frutos, sendo esse último, associado à baixa tolerância a temperaturas elevadas. O pegamento de frutos tem importância fundamental, principalmente no Norte e no Nordeste, pois essas regiões apresentam temperaturas elevadas que afetam diretamente a produção dos frutos.

Em Pernambuco, há condições para o cultivo do tomateiro durante o ano inteiro, no entanto é necessária a adoção de calendários de produção, visando evitar o acúmulo de safras. No Vale do São Francisco, a melhor época para o plantio é de abril a junho, quando as temperaturas são mais amenas, pois há menor risco de

chuvas fortes. Já na região do Agreste, os meses mais favoráveis ao plantio são julho e agosto (IPA, 2008).

A baixa tolerância das plantas a altas temperaturas interfere na fertilização das flores diminuindo o pegamento dos frutos. De maneira geral, temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 30°C prejudicam o tomateiro (PICKEN, 1984). Para o tomate quando a temperatura ambiente ultrapassa os 35°C, a germinação de sementes, o desenvolvimento vegetativo de mudas, a floração e o pegamento de frutos são afetados negativamente (KAMEL et al., 2010).

Uma forma de se obter genótipos comerciais adaptados e estáveis às condições adversas do ambiente é explorar a variabilidade genética em acessos e híbridos comerciais de tomateiro. Assim, a variação nas respostas desses materiais, submetidos a temperaturas elevadas, representam um fator indispensável para a seleção e desenvolvimento de genótipos mais tolerantes (IBA, 2002).

Nesse contexto, a seleção de genótipos levando-se em conta a herança dos genes que conferem tolerância a temperaturas elevadas e a adaptação aos diferentes ambientes, é uma estratégia eficiente para aumentar a produtividade do tomateiro em locais e sistemas de cultivo onde predominam esses fatores limitantes à produção no Nordeste.

REFERÊNCIAS

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (2010). Disponível em: <http://www.fao.org>. Acessado em 04 julho de 2012.

FOOLAD, M. R. Genome mapping and molecular breeding of tomato. **International Journal of Plant Genomics**, v. 2007, 52p. 2007.

IBA, K. Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, p.225-245, 2002.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2012). **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa201.pdf>. Acessado em: 4 mai. 2012.

IPA – INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO (2008). Cultura do tomate rasteiro. Disponível em: <http://www.ipa.br/resp44.php>. Acesso em: 11 de Julho de 2012.

HARVEY, M.; QUILLEY, S.; BEYNON, H. **Exploring the tomato: transformations of nature, society and economy**. Cheltenham: Edward Elgar, 2002. 324p.

KAMEL, M. A., SOLIMAN, S. S.; MANDOUR, A. E.; AHMED, M. S. S. Genetic evaluation and molecular markers for heat tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). **Journal of American Science**, v.6, p.364-374, 2010.

PICKEN, A. J. F. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) **The Journal of Horticultural Science**, v.59, p.1-13, 1984.

SANTOS, F. F. B; RIBEIRO, A.; SIQUEIRA W. J.; MELO, A. M. T. Desempenho agronômico de híbridos F₁ de tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.304-310, 2011.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem e história do tomateiro

Estudos afirmam que as espécies selvagens de tomate são nativas da região andina que abrange parte do Chile, Colômbia, Equador, Bolívia e Peru. Embora, as formas ancestrais de tomate sejam originárias dessa área, sua ampla domesticação se deu no México, chamado de centro de origem secundário. Seu ancestral selvagem é *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, tomate cereja, que é indígena de toda América tropical e subtropical. Todas as espécies têm amplitudes de distribuição bem definidas, exceto *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, o único tomate selvagem encontrado fora da área de distribuição do gênero no centro de origem (WARNOCK, 1988).

A introdução do tomate na Europa foi feita pelos espanhóis no início do século XVI. A aceitação como uma cultura cultivada e a sua inclusão no preparo como alimento foi relativamente lenta, ficando seu uso restrito à região de origem por quase dois séculos (HARVEY et al., 2002). Inicialmente, o tomateiro era cultivado apenas como planta ornamental, pois seus frutos eram considerados venenosos, devido a sua cor avermelhada, intimamente relacionada, à época, com perigo e morte. Sabe-se hoje que essa concepção é devido ao fato de no tomate conter um alcalóide, a tomatina, que se encontra em elevada concentração nas folhas e nos frutos verdes e que se degrada em componentes inertes nos frutos maduros (FILGUEIRA, 2008).

Existem evidências de que os italianos foram os primeiros a cultivar o tomate, por volta de 1550, inicialmente pela curiosidade e valor ornamental de seus frutos (FILGUEIRA, 2008). Tornou-se popular no norte da Europa e Ocidente no final do século XVIII. No século XVII, os europeus enviaram o tomate para a China e países do sul e sudeste asiático e, no século XVIII, para o Japão e os Estados Unidos, onde a produção e o consumo de tomate rapidamente se estenderam. (HARVEY et al., 2002).

O tomate começou a ter relevância mundial a partir de 1900. No Brasil, o hábito de consumo do tomate foi introduzido por imigrantes europeus no final do século XIX. Hoje, a cultura está espalhada por todo o mundo (FILGUEIRA, 2000).

2.2 Reclassificação botânica

O tomateiro pertence à ordem Tubiflorae, família Solanaceae e ao gênero *Solanum*. A primeira denominação científica do tomateiro foi dada em 1694 por Tounefort, citado por Peralta et al., (2006) que o classificou genericamente de *Lycopersicon* que significa “pêssego de lobo” na língua grega. Por sua vez, Linnaeus em 1753, usando o sistema binomial, reclassificou o tomate como sendo do gênero *Solanum*. Miller em 1754 descreveu e reclassificou o gênero como *Lycopersicon* e, mais tarde, novamente Miller em 1768 descreveu várias espécies, incluindo o tomate cultivado, que chamou de *L. esculentum*. Posteriormente, diversos estudos mostraram alta correlação genética entre *Lycopersicon esculentum* e espécies do gênero *Solanum* e o tomateiro foi reclassificado como *Solanum esculentum* (PERALTA et al., 2006).

Com base em evidências obtidas a partir de estudos filogenéticos utilizando sequência de DNA (SPOONER et al., 2005) e estudos mais aprofundados de morfologia e de distribuição das plantas, há ampla aceitação entre taxonomistas, melhoristas e geneticistas da nomenclatura *Solanum lycopersicum* (PERALTA et al., 2001; PERALTA et al., 2006; SPOONER et al., 2003), conforme consta no *Code of Nomenclature for Cultivated Plants* (BRICKELL et al., 2004).

2.3 Melhoramento genético do tomateiro

O principal objetivo de qualquer programa de melhoramento genético aplicado a uma determinada espécie agrícola é melhorar geneticamente, da maneira mais eficiente possível, o desempenho produtivo da espécie. Para isso, a condição fundamental para o sucesso na execução do programa é a existência de variabilidade genética da espécie a ser melhorada (SAVEDRA; SPOOR, 2002).

Nesse sentido, pode-se utilizar a variabilidade natural já disponível e inerente àquela espécie ou a variabilidade provocada artificialmente através de cruzamentos. O uso de variabilidade natural como estratégia de obtenção de novas cultivares é muito comum no melhoramento de plantas, especialmente para os programas novos, ainda não consolidados (SILVA, 2009).

Provocar a variabilidade genética a partir de genótipos elite, já comerciais e que contenham os genes de interesse para as características que se pretende melhorar, tem sido uma estratégia interessante e muito utilizada porque se parte da

segregação de um material que já contém características comerciais e ao mesmo tempo possibilidade de obter ganho genético com as seleções feitas em sua população segregante.

Para o êxito em programas de melhoramento, é necessário que a seleção de genótipos superiores seja feita da maneira mais eficiente possível nas diversas espécies, essa superioridade se dá, normalmente, mediante a variável produtividade, que é resultado da interação de fatores genéticos e ambientais (RESENDE, 2002; TAVARES et al., 1999).

A escolha das linhagens a serem utilizadas em programas de melhoramento para que possibilitem a formação de genótipos superiores representa uma atividade que exige critérios e grande esforço dos melhoristas (RAMALHO et al., 1993). Portanto, o sucesso de qualquer programa de melhoramento depende, principalmente, da seleção de linhagens, juntamente com as informações a respeito da natureza e magnitude dos efeitos dos genes que controlam os caracteres quantitativos de interesse econômico (PATEL et al., 1998).

Pesquisas evidenciam que parte dos melhoristas de tomate tem se dedicado ao desenvolvimento de híbridos, dada a sua relevância no aumento da qualidade de frutos, uniformidade, resistência a doenças e, principalmente, produtividade (SHIRAHIGE et al., 2010). O mercado de sementes híbridas cresce a cada dia, com isso também tem aumentado a utilização comercial de sementes F_1 . A vantagem da utilização dos híbridos F_1 está relacionada a combinação de diferentes caracteres qualitativos e quantitativos (MIRANDA; CASALI, 1988).

Em hortaliças, as vantagens estão relacionadas à maior uniformidade, vigor da planta, homeostase, maturação precoce, resistência a patógenos, aumento da qualidade e do rendimento garantindo o retorno do investimento. As desvantagens advêm das dificuldades na produção das sementes F_1 , principalmente, o processo de emasculação e a polinização manual, que demandam tempo e mão de obra treinada, inflacionando os custos de produção dessas sementes. Tem-se proposto, para baratear e promover o aumento da produção de semente híbrida, o uso de macho-esterilidade do tipo genético-citoplasmática (MALUF, 2001).

2.4 Melhoramento por hibridação

O melhoramento através da hibridação inicia-se, geralmente, com a escolha dos genitores, seguido pelo cruzamento de ambos. Em seguida, as populações são avançadas até F₆ ou F₇ para obtenção da homozigose, para então, serem feitas as avaliações e a seleção das melhores linhagens (ALARD, 1971; FHER, 1987).

Com o objetivo de viabilizar e baratear o processo de hibridização tem-se optado pela escolha de genótipos já consolidados e de alto nível de produção para a composição da fonte de variabilidade a ser explorada. Os resultados obtidos por Ferreira et al. (2010), com milho, corroboram com a hipótese de que a utilização de híbridos F₁ já comerciais para a extração de linhagens é uma estratégia interessante para obtenção de linhagens superiores.

Assim, os métodos de condução de populações segregantes são os mais recomendados para a extração de linhagens desses híbridos.

2.5 Métodos de condução de populações segregantes recomendados para plantas autógamas

De posse de sementes híbridas, a exploração da variabilidade se faz por meio do avanço das gerações e da seleção dos genótipos superiores até atingir o grau de homozigose desejado. Para isso, alguns métodos são mais indicados para a condução das populações segregantes, são eles: genealógico ou *pedigree*, população ou *bulk* e *single seed descent* - SSD.

Além dos métodos mencionados anteriormente, há outros que são constituídos por modificações ou combinações desses. Estas adaptações surgiram em virtude das desvantagens e, ou limitações apresentadas pelos métodos originais (BORÉM; MIRANDA, 2005; RAMALHO et al., 2012).

Contudo, Rapozo et al., (2000) comparando os métodos genealógico, bulk, SSD, bulk dentro de F₃ e bulk dentro de F₂, para condução de populações segregantes em feijoeiro, mostrou analisando as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, juntamente com a facilidade e flexibilidade de condução do método, que os métodos do *bulk* e SSD são mais vantajosos do que o genealógico.

A decisão sobre qual método utilizar também incide sobre o custo envolvido na condução da população. Em termos de custos, os métodos *bulk* e SSD são os

menos onerosos, pois durante sua condução, não carecem de muita mão-de-obra e grande área experimental (SILVA, 2009).

O SSD tem sido bastante utilizado para obtenção de linhagens destinadas a produção de híbridos comerciais em hortaliças. Permite a obtenção de linhagens rapidamente, sem a perda de alelos por seleção, pois a variabilidade original é mantida até o nível de linhagens (ALLARD, 1971).

Vários são os trabalhos utilizando esse método para obtenção das linhagens não só em tomateiro, mas em hortaliças de modo geral, pode-se citar os de Cardoso (2007), Fiorini et al. (2010) e Moreira (2010).

2.6 Método descendente de uma única semente (SSD)

O método descendente de uma única semente, comumente conhecido como SSD, segundo Fher (1987), teve sua primeira referência em 1941, por Goulden. No entanto, quem melhor o descreveu foi Brim em 1966 como uma modificação do método pedigree.

Consiste em avançar as gerações segregantes, utilizando uma semente de cada indivíduo a partir da geração F_2 para estabelecer a geração seguinte. O processo é sucessivamente repetido pelas gerações seguintes até que sejam obtidas as linhagens com suficiente homozigose. Posteriormente, essas linhagens são avaliadas em ensaios com repetições (FHER, 1987). Trata-se de um método útil, principalmente, quando o melhorista está interessado em acelerar o processo de endogamia da população base com fácil condução, possibilidade de trabalhar com mais materiais e em casa de vegetação, além da boa eficiência que o método tem mostrado nos resultados obtidos.

No tomateiro, a partir da população base F_2 , coleta-se aleatoriamente uma semente de cada planta, preferencialmente de 400 a 600 plantas. Essas sementes são misturadas e plantadas para a formação da geração F_3 , mantendo-se aproximadamente o mesmo número de plantas da geração F_2 . Esse processo é repetido sucessivamente, até que se atinja um nível satisfatório de homozigidade, entre a sexta ou sétima geração. O avanço das gerações, sem seleção, poderá ser feito fora ou não do ambiente no qual está se desenvolvendo a cultivar ou híbrido.

Nos programas de melhoramento visando híbridos comerciais de tomateiro, após a etapa anterior, as linhagens são cruzadas para formar os híbridos

experimentais, geralmente por meio de cruzamentos dialélicos, muito utilizados por fornecerem informações sobre o tipo de ação gênica predominante e avaliarem a heterose e a capacidade geral e específica de combinação (MACIEL et al., 2010), principalmente por auxiliar o melhorista na escolha de genitores com base nos seus valores genéticos e capacidade de se combinarem em híbridos promissores (CRUZ et al., 2004; RAMALHO et al., 2012).

2.7 Cultivo do tomateiro em ambiente protegido

A produção comercial de hortaliças em ambiente protegido apresenta-se largamente difundida na região do Mediterrâneo, no continente europeu e em alguns países latino-americanos, como Chile, Colômbia e Argentina (CASTILLA; MONTERO, 2008).

No Brasil, é uma modalidade de cultivo relativamente nova. Iniciou-se no final dos anos 80 e desenvolveu-se principalmente durante os anos 90 (GOTO; TIVELLI, 1998). Foi estabelecida, inicialmente, nos estados das regiões Sudeste e Sul, devido à necessidade da produção de hortaliças de boa qualidade e durante todo o ano.

No entanto, atualmente esse tipo de cultivo está difundido em todas as regiões do Brasil. Na região Nordeste apresenta forte crescimento, principalmente, justificado pela sazonalidade de produção de hortaliças. Isso se deve as condições ambientais impróprias ao cultivo nos períodos chuvosos.

O tomateiro, assim como a maioria das culturas, não apresenta abastecimento regular ao longo do ano, ocasionando aumento dos preços no período de entressafra. No estado de Pernambuco o período de entressafra do tomate é de março a julho (CEASA PERNAMBUCO, 2012).

No comparativo de preços de maio de 2011 a maio de 2012, houve um aumento de 17,60% no preço do produto, decorrente, essencialmente, da queda na oferta nos centros de abastecimento, fruto da diminuição da produção no campo, devido a condições climáticas desfavoráveis, que propiciam aumento do ataque de pragas e doenças (CEASA PERNAMBUCO, 2012).

O cultivo protegido surge como principal alternativa para superar as limitações impostas pelo ambiente ao cultivo convencional. Desta forma, possibilita-se proteção contra adversidades do clima, ataque de patógenos, possibilidade de

plantio fora de época e ainda reduz o uso de agrotóxicos (ANDRIOLO, 2000; FONTES, 1999; VIDA et al., 2001). Verifica-se uma clara tendência por parte do mercado consumidor a aquisição de produtos de alta qualidade e o cultivo protegido tem a vantagem de oferecer um produto final menos contaminado pelos agrotóxicos e mais vistoso.

Além disso, o cultivo em casa de vegetação é importante para superar limitações climáticas, especialmente considerando sua eficiência quanto à captação da energia radiante e aproveitamento da temperatura, água e nutrientes disponíveis às plantas (HORA, 2003). Condições essas, em que o tomateiro apresenta pleno desenvolvimento quando se associa genótipos com alto potencial produtivo e manejo de condições ambientais favoráveis. Desta forma, obtêm-se elevados índices de produtividade, proporcionando aumento da produção de 25 a 40% devido à maturação precoce, melhor uniformidade, maior vigor inicial e desenvolvimento e capacidade de adaptação mais ampla (MELO et al., 1988).

2.8 Tolerância a altas temperaturas e pegamento dos frutos

A ocorrência de altas temperaturas nas regiões tropicais e equatoriais de todo o mundo ocasiona uma série de distúrbios morfológicos ou fisiológicos em estruturas florais do tomateiro, resultando menor produtividade de frutos devido a maiores taxas de abortamento e má formação dos mesmos (GIORDANO et al., 2005).

Genótipos de tomateiro, quando submetidos a temperaturas elevadas, respondem de maneira diferenciada quanto à intensidade do abortamento dos frutos. Isso tem sido relacionado com diferenças na fertilidade e viabilidade dos grãos de pólen, bem como com aspectos relacionados à morfologia floral (ABDULBAKI; STOMMEL, 1995; DANE et al., 1991).

Tem-se observado na literatura respostas diferenciadas quanto ao pegamento de frutos em genótipos de tomateiro (SHARMA et al., 1993). O controle genético do pegamento de frutos, na presença de altas temperaturas, parece ser exercido por poucos genes, três a quatro genes ou blocos gênicos, exibindo dominância. Além desses, há influência de genes de efeito aditivo, sendo a herdabilidade, no sentido restrito, alta, 83,9%, sugerindo que a seleção individual de

plantas pode ser eficiente (GRILLI et al., 2003; HANSON et al., 2002; MENEZES, 1998).

Os marcadores moleculares estão sendo utilizados não somente para estimar a diversidade genética dentro e entre as espécies, como também para determinar genes ligados à resistência a doenças, controle genético de características em estudo, dentre outros fatores. Mas, também para distinguir genótipos com o gene de interesse dentro da população. Além disso, há a possibilidade de utilizar um gene marcador ligado à resistência ou tolerância a stress térmico, o que simplifica a seleção assistida por marcadores moleculares de genótipos resistentes ao calor (GRILLI et al., 2007; KAMEL et al., 2010).

Os trabalhos de Kamel et al. (2010) Lin et al. (2010) mostraram as sequências de bases que foram marcadas somente no DNA do pai tolerante, F₁ e F₂ resultantes do cruzamento de genitores contrastantes para a característica. Isso evidencia a presença dos genes de resistência na população base, em tomateiro submetido a altas temperaturas. No entanto, esses trabalhos não descrevem o controle genético nem quais são os genes responsáveis pela resistência.

2.9 Modelos mistos

Nos programas de melhoramento de plantas autógamas, o objetivo básico é, em geral, selecionar genótipos superiores, ou seja, portadores de alelos favoráveis para a maioria dos locos (RAMALHO et al., 2001). Como estes valores genotípicos não podem ser mensurados diretamente passa-se, então, a ser preditos a partir dos correspondentes valores fenotípicos observados. Nesse contexto a identificação de genótipos superiores requer métodos de seleção capazes de explorar eficientemente o material genético disponível, maximizando o ganho genético em relação às características de interesse (ODA et al., 2007).

Na predição dos valores genotípicos, a escolha do método de predição constitui-se como o fator mais importante. Esse método deve propiciar a inferência mais concisa e absoluta possível, necessitando ser analisado segundo parâmetros estatísticos apropriados (RESENDE; DUARTE, 2007).

Para isso têm-se como procedimentos utilizados, a seleção por modelos mistos pelo método BLUP para diagnóstico de valores genéticos e estimativas dos componentes de variância dos genótipos submetidos à seleção e o REML,

procedimento de estimação de componentes de variância (GARCIA; NOGUEIRA, 2005; ROCHA et al., 2006, 2007).

A análise de variância (ANOVA) de Fisher foi, em longo período, a base da análise e modelagem estatística (RESENDE, 2004). Porém, após o desenvolvimento dos métodos BLUP por C. R. Henderson, na década de 1940 (BERNARDO, 2002), e REML por Patterson e Thompson, em 1971 (RESENDE, 2002) fez com que esses se constituíssem em modelos de melhor precisão para as análises estatísticas e em inúmeras aplicações, substituindo, com superioridade, a ANOVA.

O BLUP consiste basicamente na predição de valores genéticos dos efeitos aleatórios do modelo estatístico associado às observações fenotípicas, ajustando-se os dados aos efeitos fixos e ao número desigual de informações nas parcelas por meio da metodologia de modelos mistos (RESENDE, 2002). A escolha do método de seleção adequado depende da magnitude e dos sentidos dos ganhos genéticos preditos e da facilidade de aplicação.

O procedimento BLUP além da possibilidade de levar em conta a relação entre os tratamentos genéticos promove uma melhor análise dos dados sob condições de desigualdades, retornando predições mais confiáveis do que as obtidas pelo método dos quadrados mínimos (BERNARDO, 2002). Já o REML permite estimar os componentes de variância e se torna significativamente superior ao método da ANOVA em situação de dados desiguais (RESENDE, 2002).

Um obstáculo para os pesquisadores na utilização do método BLUP foi a dificuldade para análise dos dados, o que ultimamente tem sido contornado pelo desenvolvimento de recursos computacionais. Após o desenvolvimento de *softwares* como DFREML em 1988; MTDFREML em 1993; ASREML em 1998; SELEGEN REML-BLUP em 1997 (RESENDE, 2002).

O BLUP tem se tornado mais acessível aos usuários graças a sua implementação em sistemas estatístico-computacionais e tem sido utilizada para a seleção em diversas culturas perenes, como pinheiro (MISSIO et al., 2004), eucalipto (GARCIA; NOGUEIRA, 2005; ROCHA et al., 2007), pupunha (FARIAS NETO; RESENDE, 2007) e café (PETEK et al., 2008). Além, da abordagem desse modelo em culturas hortícolas como batata-doce (BORGES et al., 2010) e cenoura (SILVA et al., 2011).

REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A.; STOMMEL, J. R. Pollen viability and fruit set of tomato genotypes under optimum and high temperature regimes. **HortScience**, v.30, p.115-117, 1995.

ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgar Blücher, 1971. 381p.

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.26-33, 2000.

BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Minesota: Woodbury, 2002. 369p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2005. 525p.

BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, p.643-649, 2010.

BRICKELL, C. D.; BAUM, B. R.; HETTERSCHIED, W. L. A.; LESLIE, A. C., MCNEILL, J.; TREHANE, P.; VRUGTMAN, F.; WIERSEMA, J. H. International code of nomenclature of cultivated plants. **Acta Horticulturae**, v.647, p.115-123, 2004.

BUENO, L. C. de S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. de. **Melhoramento genético de plantas: Princípios e procedimentos**. Lavras; UFLA, 2006. 319p.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.255-259, 2005.

CARDOSO, A. I. I. Seleção visando ao aumento de produtividade e qualidade de frutos em abobrinha 'piramoita' comparando dois métodos de melhoramento. **Bragantia**, v.66, p.397-402, 2007.

CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Capacidade de combinação de progênies parcialmente endogâmicas obtidas de híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, p.429-437, 2004.

CASTILLA, N.; MONTERO, J. I. Environmental control and crop production in mediterranean greenhouses. **Acta Horticulturae**, v.797, p.25-36, 2008.

CEASA - CENTRO DE ABASTECIMENTO DE PERNAMBUCO (2012). **Comparativo anual Maio/11 e Maio/12, com comentários**. Disponível em: <http://www.ceasape.org.br/verArtigo.php?id=146>. Acessado em 12 de Julho de 2012.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

DANE, F.; HUNTER, A. G.; CHAMBLISS, O. L. Fruit set, pollen fertility, and combining ability of selected tomato genotypes under high-temperature field conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.116, p.906-910, 1991.

EKLUND, C. R. B.; CAETANO, L. C. S.; SHIMOYA, A.; FERREIRA, J. M.; GOMES, J. M. R. Desempenho de genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.1015-1017, 2005.

FARIAS NETO, J. T. de; RESENDE, M. D. V. de. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p.320-324, 2001.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 576p.

FERREIRA, E. A.; PATERNIANI, M. E. G. Z.; SANTOS, F. M. da C. Potencial de híbridos comerciais de milho para obtenção de linhagens em programas de melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.304-311, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, UFV, 2008. 412p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FIORINI, C. V. A.; SILVA, D. J. H.; MIZUBUTI, E. S. G.; BARROS, J. S.; SILVA, L. J.; MILAGRES, C.; ZAPAROLI, M. R. Caracterização de linhagens de tomateiro originadas de cruzamento interespecífico quanto à resistência à requeima. **Horticultura Brasileira**, v.28, p.197-202. 2010.

FONTES, P.C.R. Produção de hortaliças em ambiente protegido: uma técnica a ser aprendida. **Informe Agropecuário**, v.20, p.1-2, 1999.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Cultura do tomate**. In: FONTES, P. C. R. Olericultura: teoria e pratica. Vicosa: UFV, 2005. p.457-475.

GARCIA, C. H.; NOGUEIRA, M. C. S. Utilização da metodologia REML/BLUP na seleção de clones de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v.68, p.107-112, 2005.

GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; SILVA, J. B. C.; CARRIJO, O. A. Seleção de linhagens com tolerância ao calor em germoplasma de tomateiro coletado na região Norte do Brasil. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.105-107, 2005.

GOTO, R.; TIVELLI, S. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. Botucatu: UNESP, 1998. 320p.

GRILLI, G. V. G.; BRAZ, L. T.; LEMOS, E. G. M. QTL identification for tolerance to fruit set in tomato by AFLP markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**. p.234-241, 2007.

GRILLI, G. V. G.; BRAZ, L.T.; PERECIN, D.; OLIVEIRA, J.A. Genetic control of fruit-setting percentage of tomatoes tolerant to high temperatures. **Acta Horticulture**, v.607, p.179-184, 2003.

HANSON, P. M.; CHEN, J.; KUO, G. Gene Action and Heritability of High-temperature Fruit Set in Tomato Line CL5915. **HortScience**, v.37, p.172-175, 2002.

HARVEY, M.; QUILLEY, S.; BEYNON, H. **Exploring the tomato: transformations of nature, society and economy**. Cheltenham: Edward Elgar, 2002. 324p.

HORA, R. C. **Aplicação de luz na faixa do vermelho-extremo em mudas e diferentes sistemas de condução do tomateiro cultivado em ambiente**

protegido. 2003. 56p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha solteira.

KAMEL, M. A.; SOLIMAN, S. S.; MANDOUR, A. E.; AHMED, M. S. S. Genetic evaluation and molecular markers for heat tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). **Journal of American Science**, v.6, p.364-374, 2012.

LIN, K. H.; YEH, W. L.; CHEN, H. M.; LO, H. F. Quantitative trait loci influencing fruit-related characteristics of tomato grown in high temperature conditions. **Euphytica**, v.13, p119-135, 2010.

MACIEL, G. M.; MALUF, W. R.; SILVA, V. de F.; GONÇALVES NETO, A. C.; NOGUEIRA, D. W.; GOMES, L. A. A. Heterose e capacidade combinatória de linhagens de tomateiro ricas em acilaçúcares. **Ciência e agrotecnologia**, v.34, 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. Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.650-671.

MELO, P. C. T.; MIRANDA, J. E. C. COSTA, C. P. Possibilidades e limitações do uso de híbridos F₁ de tomate. **Horticultura Brasileira**, v.6, p.5-6, 1988.

MENEZES, D. Análise genética de um cruzamento dialélico em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). 1998. 95p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MIRANDA, J. E. C.; CASALI, V. W. D. **Métodos de melhoramento aplicados as espécies autógamias**. In: Simpósio Brasileiro sobre *Capsicum*. Dourados, 1988. p.15-30.

MISSIO, R. F.; DIAS, L. A. dos S.; MORAES, M. L. T. de; RESENDE, M. D. V. de. Selection of *Pinus caribaeavar. bahamensis* progenies based on the predicted genetic value. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.4, p.399-407, 2004.

MOREIRA, S. O.; RODRIGUES, R.; Araújo, M. L. de; RIVA-SOUZA, E. M.; OLIVEIRA, R. L. Desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de *capsicum annum*. Em sistema orgânico sob cultivo protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.886-891, 2010.

ODA, S.; MELLO, E. J.; SILVA, J. F.; SOUZA, I. C. G. **Melhoramento florestal**. In: BORÉM, A. Biotecnologia Florestal. Viçosa: UFV, 2007. p.51-71.

OLIVEIRA, L. R. **Seleção de genitores de milho para sistema de produção orgânico**. 2005. 29p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PATEL, J. A.; SHUKLA, M. R.; DOSHI, K. M.; PATEL, B. R.; PATEL, S. A. Combining ability analysis for green fruit yield and components in Chilli (*Capsicum annuum* L.). **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v.17, p.34-37, 1998.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. Granule-bound starch synthase (GBSSI) gene phylogeny of wild tomatoes (*Solanum* L. section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. subsection *Lycopersicon*). **American Journal of Botany**, v.88, p1888-1902, 2001.

PERALTA, I. E., KNAPP, S.; SPOONER, D. M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. **Report on Tomato Genetics Cooperative**, v.56, p.6-12, 2006.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. Predição de valores genéticos aditivos na seleção visando obter cultivares de café mais resistentes à ferrugem. **Bragantia**, v.67, p.133-140, 2008.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. dos. **Melhoramento de espécies autógamas**. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. Recursos genéticos e melhoramento. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.201-230.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271p.

RAPOSO, F. V.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Comparação de métodos de condução de populações segregantes do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1991-1997, 2000.

RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, E. B. Sistema 'SELEGEN' - Seleção genética computadorizada para o melhoramento de espécies perenes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.931-939, 1997.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 57p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, V.37, p.182-194, 2007.

ROCHA, M. das G. de B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Avaliação genética de progênies de meio-irmãos de *Eucalyptus grandis* por meio dos procedimentos REML/BLUP e da ANOVA. **Scientia Forestalis**, v.71, p.99-107, 2006.

ROCHA, M. das G. de B.; PIRES, I. E.; ROCHA, R. B.; XAVIER, A.; CRUZ, C. D. Seleção de genitores de *Eucalyptus grandis* e de *Eucalyptus urophylla* para a produção de híbridos interespecíficos utilizando REML/BLUP e informação de divergência genética. **Revista Árvore**, v.31, p.977-987, 2007.

SAAVEDRA, G.; SPOOR, W. Genetic base broadening in autogamous crops: *Lycopersicon esculentum* Mill. as a model. **Managing Plant Genetic Diversity** v.443, p.291-299, 2002.

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

SHARMA, N. K.; BHUTANI, R. D.; SINGH, A.; DHANKHAR, B. S.; KHAIRWAL, B. S. Breeding tomato for heat tolerance. **Crop Research**, v.6, p.51-58, 1993.

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, p.292-298, 2010.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, v.70, p.494-501, 2011.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia – Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.

SILVA, L. C. da. **Estratégias de condução de populações segregantes no melhoramento genético do feijoeiro**. 2009. 80p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SPOONER, D. M.; HETTERSCHIED, W. L. A.; VAN DEN BERG, R. G.; BRANDENBURG, W. Plant nomenclature and taxonomy: an horticultural and agronomic perspective. **Horticultural Review**, v.28, p.1-60, 2003.

SPOONER, D. M.; PERALTA, I. E.; KNAPP, S. Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes *Solanum* L. section *Lycopersicon* (Mill.). **Táxon**, v.54, p.43-61, 2005.

TAVARES, M.; MELO, A. M. T.; SCIVITTARO, W. B. Efeitos diretos e indiretos e correlações canônicas para caracteres relacionados com a produção de pimentão. **Bragantia**, v.58, p.41-47, 1999.

VENCOVSKY, R.; CROSSA, J. Measurements of Representativeness Used in Genetic Resources Conservation and Plant Breeding. **Crop science**, v.43, p.1912-1921, 2003.

VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. **Manejo de doenças em cultivos protegidos**. In: ZAMBOLIM, L. Manejo integrado e fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa: 2001. 722p.

WARNOCK, S. J. A review of taxonomy and phylogeny of genus *Lycopersicon*. **HortScience**, v.23, p.669-673, 1988.

CAPÍTULO II

TOLERÂNCIA A ALTAS TEMPERATURAS EM LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO

TOLERÂNCIA A ALTAS TEMPERATURAS EM LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO

RESUMO

Este trabalho teve como finalidade avaliar linhagens F₅ de tomateiro quanto ao pegamento de frutos e tolerância a altas temperaturas em dois ambientes de cultivo. Foram conduzidos dois experimentos, um no cultivo em casa de vegetação e outro no campo, na Horta do Departamento de Agronomia - DEPA, da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife, PE, de fevereiro a Junho de 2012. Foram avaliadas 20 linhagens F₅ de tomateiro, oriundas da segregação do híbrido SE 1055 F₁, desenvolvido para as condições quentes e úmidas, com resistência a *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raça 2, ao vírus do mosaico do tomateiro (TomV), a *Verticillium dahliae* e geminivirus (TYLCV) e as testemunhas: cultivar Yoshimatsu e o próprio SE 1055 F₁. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com 22 tratamentos, quatro repetições e parcela útil com duas plantas. Os caracteres avaliados foram: número total de frutos por planta (NFT/PL), pegamento de frutos (PEG), massa de frutos não comerciais por planta (MFNC/PL), massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e rendimento de frutos comerciais (REND). Foi feita análise de variância conjunta e aplicado o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade para os caracteres avaliados. Em casa de vegetação foram registradas maiores temperaturas e menor luminosidade em relação ao cultivo no campo. Observaram-se em relação à média geral dos ambientes de cultivo, maiores pegamento de frutos e massa de frutos comerciais por planta das linhagens quando estas foram conduzidas no cultivo em campo. As linhagens 08, 12 e 13 tiveram maior pegamento de frutos na casa de vegetação. A linhagem 08 apresentou melhor desempenho para pegamento de frutos e massa de frutos comerciais por planta, indicando ser promissora na seleção tanto casa de vegetação com temperaturas elevadas, quanto para o campo com temperaturas menos elevadas.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, melhoramento genético, pegamento de frutos.

TOLERANCE TO HIGH TEMPERATURE IN F₅ INBRED LINES OF TOMATO

ABSTRACT

This study aimed to evaluate, the fruit set and high temperature tolerance in two culture environments of F₅ lines of tomato. Two experiments were carried out, one in cultivation in greenhouse and the other in the field conditions, in the vegetable-garden of the Department of Agronomy - DEPA, at Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco State, Brazil, from February to June 2012. We evaluated 20 lines F₅ of tomato, originating from the segregation of hybrid SE 1055 F₁, developed for the hot and humid conditions, with resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici race 2, the tomato mosaic virus (*ToMV*), the *Verticillium dahliae* and geminivirus (*TYLCV*) and the control cultivar Yoshimatsu and own hybrid SE 1055 F₁. The experiment was performed in a randomized blocks with 22 treatments, four replications and plots with two plants. The characters were: total number of fruits per plant (NFT/PL), mass of unmarketable fruits per plant (MFNC/PL), fruit set (PEG), mass marketable fruits per plant (MFC/PL) and income commercial fruit (REND). Joint variance analysis was performed and the means were grouped by Scott-Knott test at 5% probability for all the traits. In the greenhouse were recorded higher temperatures and lower luminosity than in field cultivation. Were observed higher fruit set and fruit mass per plant of commercial lines when these were conducted in the field. compared to the overall average of cultivation environments. Lines 08, 12 and 13 showed higher fruit set in a greenhouse. The line 08 showed better performance for fruit set and weight of marketable fruits per plant, indicating promising selection in both greenhouse with high temperatures, and for the field with lower temperatures.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, breeding, fruit set.

1 INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) anunciou que a temperatura média global pode subir 2,6°C até 2050 em relação a 1990, e 5,8°C até 2100 (IPCC, 2001). Conforme relatório do IPCC (2007) esse aumento da temperatura média global poderá causar alterações significativas nos ecossistemas naturais, como maior frequência de secas e aumentos das chuvas fortes. Muitos pesquisadores têm estudado esse aumento na temperatura e relatado seu efeito como uma séria ameaça à produção agrícola mundial (HALL, 2001; KAMEL, 2010; PORTER, 2005; SATO et al., 2006).

Nos últimos anos, em todo o mundo, tem-se verificado aumento do plantio de várias culturas, entre elas o tomateiro, em regiões ou ambientes de temperatura elevada, seja no campo ou em cultivo protegido. O estresse provocado pelas altas temperaturas nesses ambientes causa redução no número de grãos de pólen em genótipos sensíveis de tomateiro, diminuindo o pegamento de frutos (FIRON et al., 2006).

A temperatura considerada ótima para a produção de tomate varia entre 21 e 28°C durante o dia e 15 a 20°C durante a noite. Sendo a temperatura noturna também considerada um fator limitante ao bom pegamento de frutos no tomateiro (FILGUEIRA, 2008).

Características como a viabilidade de grãos de pólen, pressão osmótica, produção de fruto por planta e pegamento de frutos são sugeridas por alguns autores (ABDUL BAKI, 1991; ADUL-BAKI; STOMMEL, 1995; HANSON et al., 2002; FIRON et al., 2006; LOHAR; PEAT, 1998; SAEED et al., 2007) para avaliação e seleção de genótipos tolerantes ao calor. Para tal, o emprego de experimentos em condições de campo e casa de vegetação ainda permanece como a metodologia mais adequada para a avaliação da tolerância ao calor (GIORDANO et al., 2005).

Tendo em vista o aumento do cultivo do tomateiro em ambientes com temperaturas elevadas, a elucidação desses mecanismos de proteção e a identificação de genes de tolerância em genótipos de tomateiro, apresenta-se como melhor estratégia para seleção de genótipos tolerantes ao calor (BITA et al., 2012).

Acessos de tomateiro coletados em locais que apresentam condições naturais de temperatura elevada podem constituir-se em importantes fontes de variabilidade genética para tolerância ao calor (GIORDANO et al., 2005). No entanto,

devem-se analisar as características comerciais desses acessos, pois se escolhida uma fonte de variabilidade pouco produtiva e sem padrão comercial para a região ao qual será destinado o genótipo melhorado, o programa de melhoramento pode demorar muito tempo ou talvez nem atingir o êxito esperado.

Sendo assim, a escolha de híbridos comerciais para formar a população base que será trabalhada é justificada por já terem sido testados em vários ambientes, associando alta produtividade, genes de resistência às doenças importantes do tomateiro e por apresentarem grande proporção de locos favoráveis já fixados (AMORIM; SOUZA, 2005; BISON et al., 2003; CARVALHO et al., 2004; FERREIRA et al, 2009;).

Diante do exposto, o trabalho tem como finalidade identificar e selecionar linhagens F₅ de tomateiro quanto ao pegamento de frutos e tolerância a altas temperaturas em dois ambientes de cultivo: cultivo em casa de vegetação e em campo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, ano e período de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na Horta do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife, PE, de fevereiro a junho de 2012.

2.2 Caracterização climática dos ambientes estudados

As coordenadas geográficas, no sistema SAD 69 (South American Datum), são 8°01'05" de latitude sul e 34°56'48" de longitude oeste e altitude de 6,4 m. O clima de acordo com a classificação de Koppen é As, Megatérmico tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e com precipitações de outono e inverno (BRASIL, 1992). As médias anuais de umidade relativa de 79,8%, precipitação de 2417 mm, temperatura 25,5°C (INMET, 2009).

As Figuras 1, 2 e 3 mostram a caracterização climática da temperatura, umidade e radiação solar, no período do experimento, para os dois sistemas de cultivo.

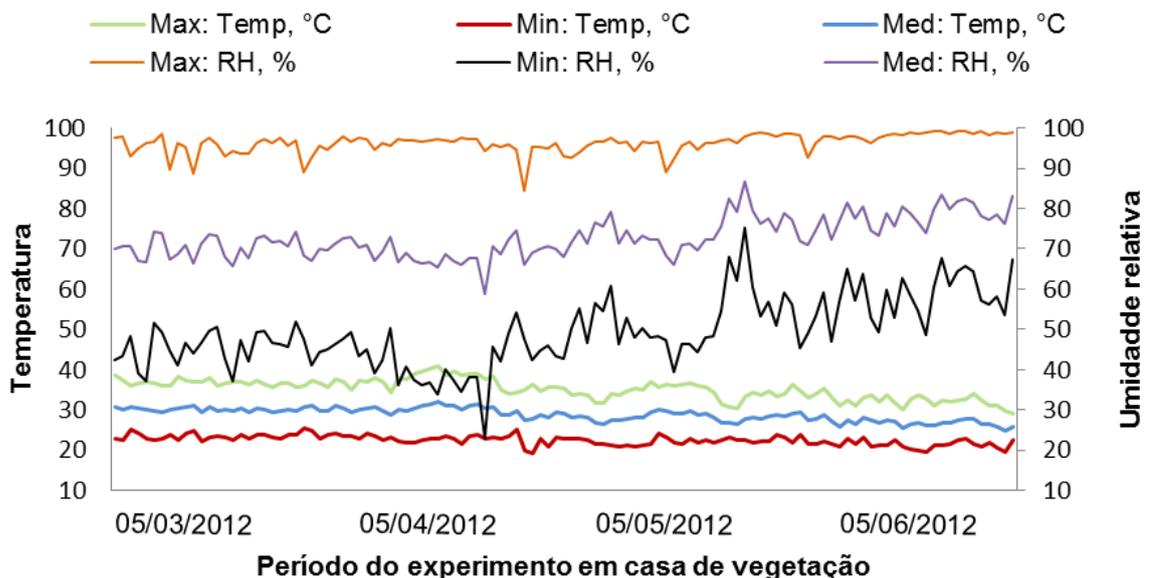


Figura 1. Temperatura e umidade relativa máxima, mínima e média no experimento em casa de vegetação, nos meses de março a junho. UFRPE, Recife, PE, 2012.

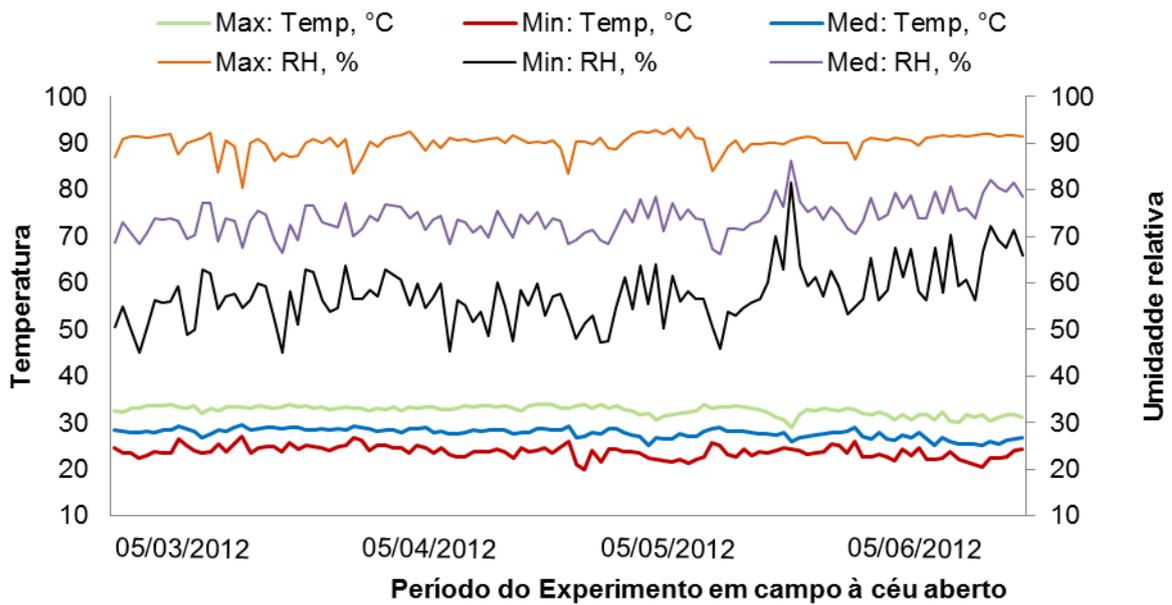


Figura 2. Temperatura e umidade relativa máxima, mínima e média do experimento em campo, nos meses de março a junho. UFRPE, Recife, PE, 2012.

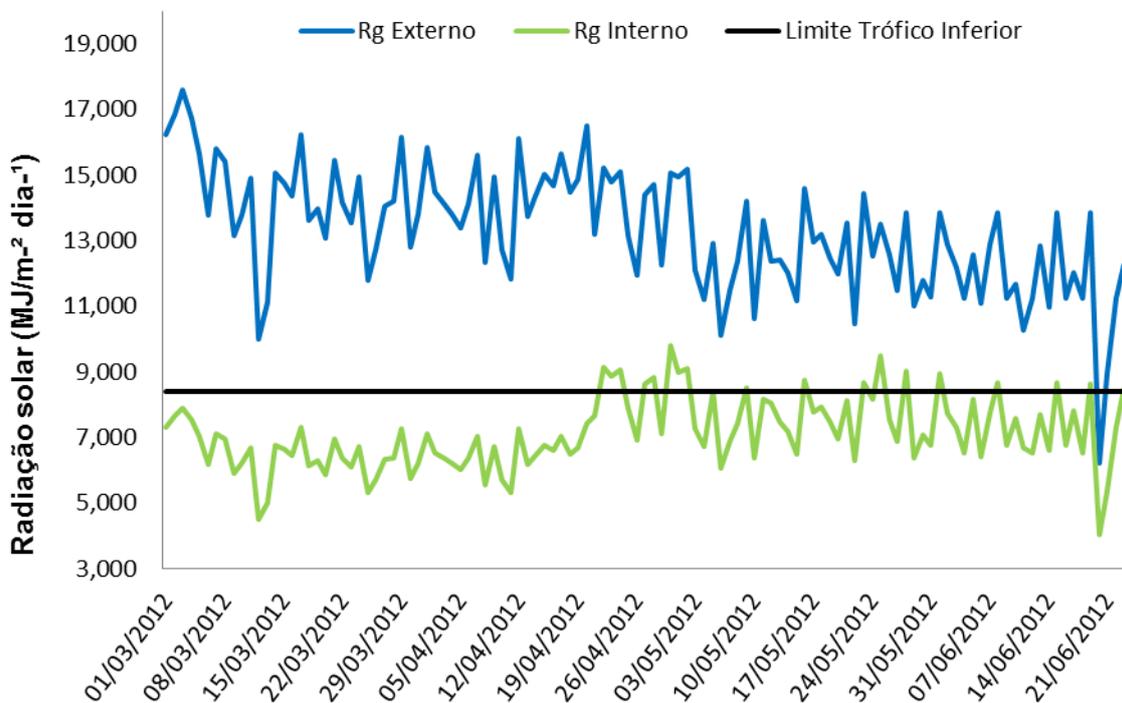


Figura 3. Saldo de radiação dentro da casa de vegetação e em campo, nos meses de março a junho. UFRPE, Recife, PE, 2012.

2.3 Obtenção das linhagens F₅ de tomateiro

As linhagens foram obtidas a partir de plantas F₂, oriundas do híbrido SE 1055 F₁, desenvolvido para condições quentes e úmidas pela empresa East West Seeds. Foi utilizado o método SSD para o avanço das gerações segregantes. Na geração F₅ foram contabilizadas 180 linhagens. O SE 1055 F₁ apresenta resistência ao *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raça 2, ao vírus do mosaico do tomateiro (TomV), *Verticilium dahliae* e geminivírus (TYLCV).

2.4 Experimento 1: Avaliação de linhagens F₅ de tomateiro em casa de vegetação

A casa de vegetação utilizada para o experimento foi tipo capela, com 30 m de comprimento, 6 m de largura e 3 m de pé direito, visando estabelecer um microclima caracterizado por temperaturas elevadas e baixa luminosidade.

Para representar as 180 linhagens F₅ foram amostradas 20 delas, de forma casualizada, de modo a representar o modelo aleatório para genótipos. Estas foram numeradas, para identificação, de 1 a 20 e acrescidas de duas cultivares como testemunhas: SE 1055 F₁ e Yoshimatsu, resistente à murcha bacteriana e tolerante a altas temperaturas, compondo, assim, 22 tratamentos experimentais.

O plantio das sementes foi realizado em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, contendo substrato indicado para o cultivo de mudas de hortaliças. Estas bandejas foram mantidas em casa de vegetação fechada lateralmente com tela e sistema automático de irrigação. Com quatro folhas definitivas as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 8,5 L, contendo pó de coco lavado. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e duas plantas por parcela, espaçadas em 0,6 m na linha e 1,0 m na entrelinha.

A nutrição mineral e a necessidade hídrica das plantas foram supridas através de solução nutritiva, cujas concentrações dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cl foram, 187,5; 57,5; 354; 190; 50; 99; e 70,5 ppm, respectivamente e os micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu, B e Mo, com 3,375; 0,875; 0,175; 0,07; 0,417 e 0,075 ppm, respectivamente.

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com um emissor de 2 L h⁻¹, com irrigações três vezes ao dia. O tempo de irrigação variou com a

necessidade hídrica da cultura, nas diferentes fases de crescimento. Esta forma de produção é denominada de cultivo hidropônico com substrato. As plantas foram tutoradas, verticalmente, com fitilhos plásticos, presos em arames horizontais esticados a 3 m de altura. Com o desenvolvimento das plantas foi feita a desbrota dos ramos laterais até o primeiro cacho.

Aplicações preventivas de inseticidas foram realizadas para o controle das pragas: mosca branca (*Bemisia argentifolii* Bellows e Perring, 1994), ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus* Branks, 1904), pulgão verde (*Myzus persicae* Sulzer, 1776), tripses (*Frankliniella schultzei* Trybom, 1920) e broca pequena do tomateiro (*Neoleucinodes elegantalis* Guenée, 1954).

Os caracteres avaliados foram: pegamento de frutos, relação entre número de frutos comerciais gerados e o número total de flores nos três primeiros cachos florais; número total de frutos por planta, representado pelo somatório do número de frutos comerciais e não comerciais; massa de frutos não comerciais por planta, representada pela massa dos frutos não comerciais, expresso em kg e somadas em todas as colheitas; massa de frutos comerciais por planta, representada pela massa dos frutos comerciais, expresso em kg e somadas em todas as colheitas; rendimento de frutos, relação entre a massa de frutos comerciais e a massa total de frutos. Oito colheitas foram realizadas de abril a junho de 2012.

Para os caracteres morfológicos foram utilizados seis dos descritores do tomateiro indicados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Assim, foram tomados dez frutos de cada linhagem, obtidos nas duas primeiras colheitas e observados os seguintes descritores (a) forma do fruto: achatado, arredondado, elíptico, retangular, cilíndrico, cordiforme e piriforme; (b) número de lóculos por fruto, os quais foram cortados transversalmente para a observação; (c) cor dos frutos, avaliação feita considerando uma escala de notas variando de 1 a 4 (1 - verde; 2 - vermelho amarelado; 3 - vermelho alaranjado; 4 - vermelho e 5 - vermelho intenso), determinadas visualmente; (d) presença de ombro verde foi considerado para avaliação a presença ou ausência da característica nos frutos; (e) presença de abscisão do pedicelo, feita através de avaliação visual, considerando presença ou ausência nos cachos e (f) hábito de crescimento, foram considerados o número de folhas até a primeira inflorescência, se o ramo terminava ou não com inflorescência e a própria altura da planta.

2.5 Experimento 2: Avaliação de linhagens F₅ de tomateiro em campo

O experimento foi realizado na Horta do Departamento de Agronomia da UFRPE. Para a condução das plantas utilizaram-se sacos de cultivo, denominados *slabs*, fabricados em polietileno, com 15 cm de diâmetro e 2,0 m de comprimento. Os sacos, preenchidos com pó de coco lavado, foram distribuídos em canteiros forrados com *mulching*, dupla face, branco e preto.

Cada canteiro recebeu 18 sacos de cultivo, divididos em duas linhas de nove sacos, espaçadas em 0,6 m uma linha da outra. Em cada saco foram abertos dois orifícios, espaçados um do outro em 0,6 m, formando a parcela, constituída por duas plantas. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, de forma que cada bloco foi formado por três linhas de plantas.

A sementeira foi feita com as mesmas linhagens e testemunhas utilizadas anteriormente, em bandejas de poliestireno, contendo substrato comercial indicado para o cultivo de mudas de hortaliças. O transplante para os sacos de cultivo, contendo pó de coco lavado, ocorreu quando as plantas apresentaram quatro folhas definitivas.

O sistema de cultivo adotado foi o hidropônico com substrato, para dar a mesma condição hídrica e nutricional às progênies avaliadas nos dois experimentos. E dessa forma fazer melhor uso das comparações destas em relação aos ambientes testados. A nutrição mineral e a necessidade hídrica das plantas foram fornecidas por solução nutritiva nas mesmas condições do experimento em casa de vegetação. A condução das plantas, tutoramento e desbrota, foi executada da mesma forma que no experimento anterior. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com as necessidades das plantas e da mesma forma que no experimento em casa de vegetação. Foram realizadas seis colheitas, no período de maio a junho de 2012.

2.6 Análises estatísticas

A análise estatística dos caracteres foi efetuada através do programa Genes (CRUZ, 2006). A partir dos dados experimentais foi realizada a análise de variância individual de cada ambiente estudado para verificar se os quadrados médios foram homogêneos e se os dois ambientes puderam ser incluídos na análise conjunta sem restrições. Atendidas as restrições, foi feita a análise conjunta utilizando o seguinte

modelo: $Y_{ijk} = m + G_i + B/A_{jk} + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$, sendo Y_{ij} = observação da parcela; m = média geral do experimento; G_i = efeito do i -ésimo tratamento; B/A_{jk} = efeito do A_{jk} -ésimo bloco; A_j = efeito do j -ésimo ambiente e E_{ijk} = erro experimental.

Em seguida, foi aplicado o teste de Scott Knott, para comparação de médias e a partir deste, analisou-se o desempenho das linhagens F₅ nos dois ambientes e dentro de cada ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfológica comercial dos genótipos

A Tabela 1 mostra a caracterização morfológica feita a partir do descritor do tomateiro para presença de ombro verde nos frutos, tipo de crescimento, abscisão do pedicelo, cor dos frutos, formato dos frutos e número de lóculos, para caracterização e registro de cultivares, indicado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

No tomate de mesa a aparência do fruto é um fator determinante no valor de comercialização perante o consumidor, sendo baseada principalmente na cor, forma e ausência de características morfológicas indesejadas. A presença de ombro verde nos frutos é uma dessas características indesejadas que altera a cor dos frutos maduros, deixando-os vermelho alaranjado ou amarelado e torna o fruto depreciado junto aos consumidores. Nas linhagens 13 e 19 verificou-se a presença de ombro verde nos frutos (Tabela 1). Frutos uniformemente vermelhos em completa maturação, sem rachaduras, com formato desejado pelo respectivo mercado que será destinado, são os que conseguem melhor cotação de preço (TAUNGBODHITHAM et al., 1998).

Para o consumo de tomate fresco podem ser usadas cultivares tanto do tipo indeterminado, como semi-determinado e determinado. Na Tabela 1, verificam-se linhagens dos três tipos de crescimento, mas há o predomínio do tipo semi-determinado. No cultivo industrial são mais indicadas cultivares com tipo de crescimento determinado para facilitar os tratamentos culturais e obter uniformidade de maturação dos frutos.

Outra característica importante para o tomate industrial é presença do gene *jointless pedicels* (*j₂*). A planta com este gene tem os pedicelos dos frutos sem camada de abscisão; de forma que os frutos se destacam da planta sem o cálice. Este cálice é indesejável, pois afeta a qualidade do molho produzido. Além disso, facilita na operação de colheita e evita o trabalho de remoção manual destes (GIORDANO et al., 2000). As linhagens 09 e 20 apresentaram essa característica. No entanto, a linhagem 20 tem crescimento do tipo indeterminado, o que é indesejado para o cultivo industrial. Já a linhagem 09 também tem o gene de não abscisão do pedicelo e é de crescimento determinado.

Para as demais características, número de lóculos, formato e cor do fruto, a maioria das linhagens se encaixa no padrão comercial, sendo frutos vermelhos, arredondados e/ou elípticos e bi ou triloculares (Tabela 1).

3.2 Temperatura, umidade e radiação solar

Os valores médios da temperatura máxima durante todo o período do experimento no interior da casa de vegetação e no campo foram de 37,46°C e 32,55°C, respectivamente (Figuras 1 e 2). A temperatura ideal para o desenvolvimento vegetativo encontra-se na faixa de 18 a 28°C (SAEED et al., 2007), no entanto, há genótipos de tomateiro que podem tolerar temperaturas elevadas numa amplitude maior (CUARTERO et al., 1995).

Os valores médios da temperatura mínima, na casa de vegetação e em campo, foram de 22,53 e 23,5°C durante todo período experimental. Estes estão muito acima do ideal para a cultura, que é de 15 a 18°C (RUDICK et al., 1977). A radiação não foi considerada fator limitante ao desenvolvimento das plantas em campo. No entanto, na casa de vegetação a média do saldo de radiação diário durante todo o experimento foi de 7,1 MJ m⁻² dia⁻¹, abaixo do limite trófico indicado para a cultura que é de 8,4 MJ m⁻² dia⁻¹. (FAO, 1990). Desta forma, a temperatura elevada e a baixa radiação estão diretamente relacionadas ao menor pegamento de frutos na casa de vegetação.

3.3 Análise de variância conjunta

Para avaliar o desempenho das linhagens e as testemunhas em relação aos dois ambientes, casa de vegetação e campo, foi realizada a análise conjunta para os seguintes caracteres: número total de frutos por planta (NTF/PL), pegamento de frutos (PEG), massa de frutos não comerciais por planta (MFNC/PL), massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e rendimento de frutos comerciais por planta (REND). Na Tabela 2, encontra-se a análise de variância conjunta resumida e os coeficientes de variação de cada um dos caracteres avaliado. Em seguida, as estimativas das médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott Knott ($P < 0,5$). Na Tabela 3, estão apresentadas as médias das linhagens e das testemunhas, avaliados em casa de vegetação e em campo.

3.3.1 Número total de frutos por planta (NTF/PL)

Verificou-se na Tabela 2 que houve diferença significativa entre os genótipos, entre os ambientes e na interação genótipo x ambiente pelo teste F ($P \leq 0,01$). O coeficiente de variação acima dos 20% é considerado aceitável para a característica, como observado em outros trabalhos (CARVALHO et al., 2003; CARGNELUTTI FILHO et al., 2004).

A média geral para número de frutos total por planta (NTF/PL) foi superior na casa de vegetação, com 96,1 frutos, em relação ao campo, que obteve 54,8 frutos, totalizando uma diferença de 42,91% (Tabela 3). Fontes et al. (1997) avaliando o desempenho de dois híbridos de tomate Sunny e EF-50, cultivados em ambiente protegido e não protegido, observaram que o número de frutos produzidos foi significativamente influenciado pelos genótipos e pelos ambiente de cultivo. O híbrido Sunny produziu 31,2 e 15,0 frutos por planta, em ambiente protegido e não protegido, respectivamente, enquanto o EF-50 produziu apenas 26,8 e 12,5 frutos por planta.

No cultivo em casa de vegetação, conforme Tabela 3, as linhagens 01, 03, 06, 10, 11, 12 e 14 obtiveram os maiores valores para NTF/PL, não diferindo entre si e em relação as testemunha 'Yoshimatsu' e 'SE 1055 F₁', pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Esses resultados estão bem acima dos encontrados por EKLAND et al. (2005), que avaliando o desempenho de cinco híbridos e duas cultivares em ambiente protegido observou que o híbrido produziu 35,75 frutos por planta.

De modo geral, plantas com elevado NTF/PL podem não ser as mais produtivas, pois muitos frutos na mesma planta os tornam pequenos, diminuindo a qualidade dos frutos e sua produção. Como observado para as linhagens 08 e 13, que apresentaram valores de NTF/PL bem inferiores às linhagens citadas anteriormente, mesmo assim obtiveram os maiores valores de massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL). Apesar disso, a linhagem 12 apresentou elevado NTF/PL e sua massa de frutos comerciais (MFC/PL) não diferiu das linhagens 08 e 13.

Em campo, as linhagens e as testemunhas não apresentaram diferenças significativas entre si. Também em condições de campo, Pena et al. (2010) estudando a cultivar Yoshimatsu e quatro progênies de gerações avançadas de

tomateiro, observou número total de frutos por planta inferior ao resultado obtido nesta pesquisa.

3.3.2 Pegamento de frutos (PEG)

O pegamento de frutos (PEG) refere-se à porcentagem de flores produzidas em cada cacho que se desenvolveu e formou o fruto. Essa característica é muito influenciada pelas condições ambientais e é medida pela relação entre o número de frutos formados e o número de flores.

Conforme apresentado na Tabela 2, houve diferença significativa no PEG entre os genótipos, entre os ambientes e na interação genótipo x ambiente ($P \leq 0,01$) pelo teste F. O coeficiente de variação foi 15,73%, mostrando boa precisão nas avaliações.

O PEG foi superior no campo em relação ao apresentado em casa de vegetação (Tabela 3). Não houve diferença significativa entre as linhagens e as testemunhas, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, confirmando o menor pegamento de frutos em temperaturas mais elevadas.

Considerando o cultivo na casa de vegetação, as linhagens 08, 12, 13 apresentaram os maiores valores de PEG, com 76,62, 80,25 e 80,75% respectivamente, não diferindo entre si e diferindo das demais pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, evidenciando sua maior tolerância a temperaturas elevadas.

Estes dados estão de acordo os encontrados por Kamel et al. (2010), que avaliando plantas F₂ resultantes de um cruzamento entre genitores contratantes observou até 68,5% de PEG, em condições de temperatura elevada. Já Hanson et al. (2002), observou PEG em média de 30%, quando avaliou o pegamento de frutos em plantas F₂, resultantes de um cruzamento entre genitor tolerante e suscetível. No entanto, nos trabalhos citados foram avaliadas plantas em F₂, ou seja, não apresentam os locos fixados para a característica. Analisando o número de flores por cacho e o número de frutos fixados, Silva et al. (2000) verificou que a porcentagem média de fixação de frutos variou entre 2,5%, na cultivar Santa Clara, que não é tolerante à altas temperaturas, e 40% na linhagem CL5915 que é tolerante. Isso evidencia melhor desempenho dessa linhagem, quando cultivada sob condições de alta temperatura.

3.3.3 Massa de frutos não comerciais por planta (MFNC/PL)

Para esta característica verifica-se o efeito direto das condições ambientais desfavoráveis sobre o pegamento de frutos. Os frutos que não se desenvolvem corretamente ficam mal formados e são considerados não comerciais.

Nota-se que houve diferença significativa entre os genótipos, como também na interação genótipo x ambiente pelo teste de F ($P \leq 0,01$) de probabilidade. No entanto, não houve diferença significativa para os ambientes (Tabela 2).

O coeficiente de variação, mesmo ficando acima dos 20%, também é considerado aceitável. A média geral da MFNC/PL na casa de vegetação foi significativamente maior que no campo (Tabela 3). Isso confirma a influência negativa das condições ambientais na casa de vegetação sobre o pegamento dos frutos nas linhagens.

Conforme se verifica na Tabela 3, a linhagem 17 e o híbrido SE 1055 F₁ mostraram os maiores valores para MFNC/PL e não diferindo entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, evidenciando sensibilidade às condições de temperaturas elevadas e baixa radiação observadas na casa de vegetação. Quanto às linhagens 02, 07, 08, 13, 15, 19 e 20 estas apresentaram menores valores para MFNC/PL e também não diferiram entre si, mostrando-se mais tolerantes.

No campo só a linhagem 13 e a cultivar Yoshimatsu apresentaram maior MFNC/PL, diferindo estatisticamente das demais. Em relação à linhagem 13, esta apresentou maior MFNC/PL em campo devido ter produzido muitos frutos pequenos. Já a cultivar Yoshimatsu apresentou muitos frutos rachados e mal formados.

3.3.4 Massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL)

Assim como para MFNC/PL, a massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) verifica-se o efeito direto do PEG, ou seja, quanto maior o PEG maior a MFC/PL. Houve diferença significativa entre os genótipos, como também na interação genótipo x ambiente pelo teste de F ($P \leq 0,01$) de probabilidade. No entanto, não houve diferença significativa para os ambientes (Tabela 2).

A média da MFC/PL no cultivo em campo foi superior à média da casa de vegetação, sendo 2,88 e 1,92 kg, respectivamente, mostrando a forte influência de temperaturas elevadas sobre os genótipos testados na casa de vegetação. O coeficiente de variação ficou acima dos 20%, no entanto, outros autores também

verificaram CVs parecidos para essa característica (CARGNELUTTI FILHO et al., 2004; EKLAND et al., 2005).

As linhagens 08, 12 e 13 apresentaram os maiores valores para MFC/PL na casa de vegetação, sendo esses superiores a 3,0 kg de frutos por planta, mostrando-se mais produtivas em altas temperaturas (Tabela 3). Apesar de não diferirem das linhagens 06, 07, 09, 11, 15, 16 e da testemunha Yoshimatsu, que apresentaram valores na faixa de 2,3 a 2,6 kg de frutos por planta (Tabela 3). No campo as mais produtivas foram às linhagens 06 e 08 e a cultivar Yoshimatsu, que também não diferem entre si.

Alguns trabalhos com híbridos comerciais têm mostrado produtividade em casa de vegetação com médias acima de 110 t/ha (CALIMAN et al., 2005; GUALBERTO et al., 2002; GUALBERTO et al., 2007), bem superiores a este trabalho. Em outros trabalhos, assim como neste, alguns dos híbridos comerciais citados foram avaliados em ambientes com altas temperaturas e mostraram-se bem menos produtivos, com médias em torno de 26,17 a 65,16 t/ha (EKLAND et al., 2005; PEREIRA et al., 2012). Giordano et al. (2005), avaliando o desempenho de 12 linhagens tolerantes ao calor em casa de vegetação, observou massa de frutos maduros em média de 1,0 kg por planta.

As altas temperaturas e a baixa radiação observadas na casa de vegetação influenciaram na MFC/PL das linhagens 04, 09, 11, 16, 17 e 18, que apesar de apresentarem mais de 3,0 kg por planta no campo, foram significativamente afetadas na casa de vegetação (Tabela 3).

3.3.5 Rendimento de frutos comerciais (REND)

O rendimento de frutos comerciais (REND) mostra a eficiência das plantas em produzir frutos comerciais que são na verdade os que interessam entre todos que ela produz. Essa característica é influenciada diretamente pelo PEG, pela MFC/PL e MFNC/PL.

Assim como observado em NTF/PL e PEG, verifica-se diferença significativa entre os genótipos, entre os ambientes, como também na interação genótipo x ambiente pelo teste de F ($P \leq 0,01$) de probabilidade. O coeficiente de variação ficou abaixo dos 10%, demonstrando ótima precisão experimental (Tabela 2). Conforme a Tabela 3, a média geral do REND obtida na casa de vegetação foi significativamente

inferior à média obtida no experimento de campo. Apesar disso, as linhagens 07, 08, 12, 13 e 15 tiveram rendimento acima de 80%, destacando-se das demais para essa característica.

No experimento de campo as linhagens e as duas testemunhas não apresentaram diferença estatisticamente significativa quanto a REND através do teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, exceto a linhagem 13 que apresentou REND menor.

3 CONCLUSÃO

1. As linhagens 08, 12 e 13 apresentaram maior pegamento de frutos em casa de vegetação, mostrando-se mais indicadas para este tipo de cultivo.
2. A linhagem 08 apresentou desempenho para pegamento de frutos e massa de frutos comerciais por planta, indicando ser promissora para a seleção tanto em casa de vegetação quanto para o campo.

Tabela 1. Caracterização dos genótipos para as principais características morfológicas segundo o descritor do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

| Genótipos | Tipo de crescimento | Presença de ombro verde | Abscisão do pedicelo | Cor do fruto | Formato do fruto | Número de lóculos |
|------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 01 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Trilocular |
| 02 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Cordiforme | Bilocular |
| 03 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Bilocular |
| 04 | Determinado | - | - | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 05 | Determinado | - | - | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 06 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 07 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Bilocular |
| 08 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Bilocular |
| 09 | Determinado | - | Não | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 10 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Bilocular |
| 11 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 12 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 13 | Semi-determinado | Sim | - | Verm. Alaranjado | Arredondado | Bilocular |
| 14 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Bilocular |
| 15 | Indeterminado | - | - | vermelho | Arredondado | Bilocular |
| 16 | Determinado | - | - | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 17 | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Bilocular |
| 18 | Determinado | - | - | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| 19 | Indeterminado | Sim | - | Verm. Alaranjado | Arredondado | Bilocular |
| 20 | indeterminado | - | Não | Vermelho | Elíptico | Bilocular |
| SE 1055 F ₁ | Semi-determinado | - | - | Vermelho | Arredondado | Bilocular |
| Yoshimatsu | Indeterminado | - | - | Vermelho | Achatado | Plurilocular |

Tabela 2. Valores dos quadrados médios para número total de frutos por planta (NTF/PL), pegamento de frutos (PEG), massa de frutos não comerciais por planta (MFNC/PL), massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e rendimento de frutos comerciais (REND) avaliados em casa de vegetação e em campo. UFRPE, Recife, PE, 2012.

| F. V | GL | Quadrados médios | | | | |
|---------------|-----|------------------|---------|---------------------|----------------------|---------|
| | | NTF/PL | PEG | MFNC/PL | MFC/PL | REND |
| Bloco/ Amb. | 6 | 778,796 | 0,043 | 0,114 | 1,310 | 0,012 |
| Genótipos (L) | 21 | 2136,519** | 0,046** | 0,293** | 2,930** | 0,039** |
| Ambientes (A) | 1 | 64399,614** | 2,554** | 9,990 ^{ns} | 40,598 ^{ns} | 1,786** |
| G x A | 21 | 1477,500** | 0,057** | 0,306** | 1,767** | 0,037** |
| Resíduo | 126 | 304,787 | 0,009 | 0,017 | 0,475 | 0,004 |
| CV (%) | | 22,66 | 15,73 | 25,38 | 28,73 | 8,65 |

** , * Significativo a 1 % e 5 % e ^{ns} - não significativo pelo teste de F.

Tabela 3. Estimativas das médias para número total de frutos por planta (NTF/PL), pegamento de frutos (PEG), massa de frutos não comerciais por planta (MNFC/PL), massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e rendimento de frutos (REND). Avaliadas em dois ambientes em Recife, PE, 2012.

| Genótipos | Casa de vegetação | Campo | Casa de vegetação | Campo | Casa de vegetação | Campo | Casa de vegetação | Campo | Casa de vegetação | Campo |
|------------------------|----------------------|----------|----------------------|----------|----------------------|---------|----------------------|---------|----------------------|----------|
| | NTF/PL | | PEG (%) | | MFNC/PL (kg) | | MFC/PL (kg) | | REND (%) | |
| 01 | 121,63 Aa | 57,50 Ba | 39,25 Bc | 72,25 Aa | 0,73 Ab | 0,31 Ba | 1,50 Bb | 2,60 Ac | 66,25 Bc | 88,75 Aa |
| 02 | 60,50 Ac | 51,87 Aa | 30,25 Bc | 73,25 Aa | 0,36 Aa | 0,20 Aa | 1,34 Bb | 2,84 Ac | 69,25 Bc | 91,50 Aa |
| 03 | 122,50 Aa | 55,90 Ba | 42,75 Bc | 74,50 Aa | 0,79 Ab | 0,33 Ba | 1,33 Ab | 1,81 Ad | 62,25 Bc | 83,50 Aa |
| 04 | 98,66 Ab | 72,52 Aa | 48,75 Bb | 83,75 Aa | 0,71 Ab | 0,24 Ba | 1,81 Bb | 3,60 Ab | 71,50 Bc | 93,25 Aa |
| 05 | 66,12 Ac | 53,98 Aa | 38,50 Bc | 65,25 Aa | 0,69 Ab | 0,25 Ba | 1,01 Bb | 2,47 Ac | 59,00 Bc | 86,50 Aa |
| 06 | 118,62 Aa | 62,90 Ba | 57,75 Ab | 67,75 Aa | 1,18 Ac | 0,15 Ba | 2,61 Ba | 4,35 Aa | 68,00 Bc | 96,25 Aa |
| 07 | 73,98 Ab | 44,87 Ba | 52,25 Bb | 82,50 Aa | 0,43 Aa | 0,19 Ba | 2,30 Aa | 2,78 Ac | 83,50 Aa | 92,75 Aa |
| 08 | 77,80 Ab | 67,37 Aa | 76,62 Aa | 72,25 Aa | 0,33 Aa | 0,19 Aa | 3,38 Aa | 4,30 Aa | 90,00 Aa | 95,50 Aa |
| 09 | 88,25 Ab | 60,37 Ba | 41,75 Bc | 74,50 Aa | 1,06 Ac | 0,18 Ba | 2,36 Aa | 3,21 Ab | 67,00 Bc | 93,50 Aa |
| 10 | 102,87 Aa | 51,75 Ba | 58,75 Bb | 73,50 Aa | 0,94 Ac | 0,28 Ba | 1,85 Ab | 2,09 Ad | 64,75 Bc | 86,50 Aa |
| 11 | 111,88 Aa | 60,50 Ba | 36,25 Bc | 75,00 Aa | 0,70 Ab | 0,15 Ba | 2,41 Aa | 3,34 Ab | 74,50 Bb | 95,00 Aa |
| 12 | 128,37 Aa | 48,91 Ba | 80,25 Aa | 77,00 Aa | 0,58 Ab | 0,25 Ba | 3,00 Aa | 2,23 Ad | 82,75 Aa | 89,25 Aa |
| 13 | 57,75 Ac | 52,41 Aa | 80,75 Aa | 63,00 Aa | 0,36 Ba | 0,64 Ab | 3,06 Aa | 1,46 Bd | 88,75 Aa | 67,50 Bb |
| 14 | 125,50 Aa | 60,02 Ba | 47,50 Bb | 69,00 Aa | 1,06 Ac | 0,28 Ba | 1,79 Ab | 2,43 Ac | 62,00 Bc | 88,25 Aa |
| 15 | 73,81 Ab | 44,00 Ba | 52,00 Bb | 69,50 Aa | 0,39 Aa | 0,09 Ba | 2,38 Aa | 2,45 Ac | 85,50 Ba | 95,50 Aa |
| 16 | 88,25 Ab | 60,37 Ba | 53,75 Bb | 75,00 Aa | 1,06 Ac | 0,18 Ba | 2,36 Aa | 3,21 Ab | 41,50 Be | 84,00 Aa |
| 17 | 121,62 Aa | 64,08 Ba | 49,00 Bb | 72,25 Aa | 1,25 Ad | 0,25 Ba | 1,35 Bb | 3,15 Ab | 48,00 Be | 91,75 Aa |
| 18 | 93,71 Ab | 53,48 Ba | 43,00 Bc | 88,50 Aa | 0,60 Ab | 0,11 Ba | 1,65 Bb | 3,56 Ab | 70,75 Bc | 96,25 Aa |
| 19 | 52,87 Ac | 63,50 Aa | 27,00 Bc | 75,25 Aa | 0,36 Aa | 0,28 Aa | 1,15 Bb | 2,88 Ac | 74,50 Bb | 89,50 Aa |
| 20 | 52,87 Ac | 58,23 Aa | 46,75 Bb | 82,75 Aa | 0,45 Aa | 0,33 Aa | 0,93 Bb | 2,93 Ac | 67,50 Bc | 89,00 Aa |
| SE 1055 F ₁ | 145,25 Aa | 68,98 Ba | 53,25 Bb | 80,00 Aa | 1,35 Ad | 0,23 Ba | 1,76 Bb | 2,91 Ac | 53,25 Bb | 80,00 Aa |
| Yoshimatsu | 104,37 Aa | 83,15 Aa | 41,00 Bc | 64,50 Aa | 0,85 Ab | 0,89 Ac | 2,12 Ba | 4,40 Aa | 70,50 Bc | 82,25 Aa |
| Média | 96,15 A | 57,89 B | 50,05 B | 74,14 A | 0,75 B | 0,27 A | 1,92 B | 2,88 A | 69,20 B | 89,3 A |

Médias seguidas pelas letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

REFERÊNCIAS

ABDUL-BAKI, A. A. Tolerance of tomato cultivars and selected germplasm to heat stress. **Journal American Society. Horticulturae Science**, v.116, p.1113-111, 1991.

ABDUL-BAKI, A. A.; STOMMEL, J. R. Pollen viability and fruit set of tomato genotypes under optimum- and high-temperature regimes. **HortScience**, v.30, p.115-117, 1995.

AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S₀ de híbridos simples comerciais. **Bragantia**, v.64, p.561-567, 2005.

BISON, O.; RAMALHO, M. A. P.; RAPOSO, F. V. Potencial de híbridos simples de milho para a extração de linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.348-355, 2003.

BITA, C. E.; ZENONI, S.; VRIEZEN, W. H.; MARIANI, C.; PEZZOTTI, M.; GERATS, T. Temperature stress differentially modulates transcription in meiotic anthers of heat-tolerant and heat-sensitive tomato plants. **BMC Genomics**, v.12, p.1-18, 2011.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. SECRETARIA NACIONAL DA IRRIGAÇÃO. Departamento de Meteorologia. **Normas Climatológicas**. Brasília: EMBRAPA, 1992. 84p.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.255-259, 2005.

CARGNELUTTI FILHO, A.; RADIN, B.; MATZENAUER, R.; STORCK, L. Número de colheitas e comparação de genótipos de tomateiro cultivados em estufa de plástico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.953-959, 2004.

CARVALHO, J. O. M.; LUZ, J. M. Q.; JULIATTI, F. C.; MELO, L. C.; TEODORO, R. E. F.; LIMA, L. M. L. Desempenho de famílias e híbridos comerciais de tomateiro para processamento industrial com irrigação por gotejamento. **Horticultura Brasileira**, v.21, p.525-533, 2003.

CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Capacidade de combinação de progênies parcialmente endogâmicas obtidas de híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.3, p.429-437, 2004.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: Imprensa Universitária, 2006. 648p

CUARTERO, J.; FERNANDEZ-MUÑOS, R.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, J. J. **Estresses abióticos**. In: NUEZ, F. El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. p.352-382.

EKLUND, C. R. B.; CAETANO, L. C. S.; SHIMOYA, A.; FERREIRA, J. M.; GOMES, J. M. R. Desempenho de genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.1015-1017, 2005.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Protected cultivation in the Mediterranean climate**. Roma: FAO, 1990. 313p.

FERREIRA, E. A.; PETERNIANI, M. A. G. Z.; DUARTE, A. P.; GALLO, P. B.; SAWAZAKI, E.; AZEVEDO FILHO, J. A. de; GUIMARÃES, P. de S. Desempenho de híbridos top crosses de linhagens S₃ de milho em três locais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.68, p.319-327, 2009.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 421p.

FIRON, N.; SHAKED, R.; PEET, M. M.; PHARR, D. M.; ZAMSKI, E.; ROSENFELD, K.; ALTHAN, L.; PRESSMAN, E. Pollen grains of heat tolerant tomato cultivars retain higher carbohydrate concentration under heat stress conditions. **Scientia Horticulturae**, v.109, p.212-217, 2006.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; ZANIN, S.R.; FINGER, F.L. Produção de Cultivares de Tomate em Estufa Coberta com Plástico. **Revista Ceres**, v.44, p.152-160, 1997.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: Silva, J. B. C., Giordano, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia/EMBRAPA Hortaliças, 2000. 168p.

GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; SILVA, J. B. C.; CARRIJO, O. A. Seleção de linhagens com tolerância ao calor em germoplasma de tomateiro coletado na região Norte do Brasil. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.105-107, 2005.

GUALBERTO, R.; BRAZ, L. T.; BANZATTO, D. A. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de tomate sob diferentes condições de ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.81-88, 2002.

GUALBERTO, R; OLIVEIRA, P. S. R; GUIMARÃES, A. M. Desempenho de cultivares de tomateiro para mesa em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.244-246, 2007.

HALL, A. E. **Crop Responses to Environment**. Florida: Press LLC, 2001. 275p.

HANSON, P. M.; CHEN, J.; KUO, G. Gene Action and Heritability of High-temperature Fruit Set in Tomato Line CL5915. **HortScience**, v.37, p.172-175, 2002.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2009). **INMET-CLIMA**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>. Acesso em: 26 de Maio de 2011

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2001). **Climate change 2001**: impacts, adaptation and vulnerability technical summary. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acessado em: 26 de Agosto de 2012.

IPCC- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007). **Climate change 2007**: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <http://www.ipcc.ch>. Acessado em: 26 de Agosto de 2012.

KAMEL, M. A., SOLIMAN, S.S.; MANDOUR, A. E.; AHMED, M. S. S. Genetic evaluation and molecular markers for heat tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). **Journal of American Science**, v.6, p.364-374, 2010.

LOHAR, D. P.; PEAT, W. E. Floral characteristics of heat-tolerant and heat-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars at high temperature. **Scientia Horticulturae**, v.73, p.53-60, 1998.

PENA, M. A. A.; NODA, H.; MACHADO, F. M.; PAIVA, M. S. DA S. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de tomateiro Sob cultivo em solos de terra firme e várzea

da Amazônia infestados por *Ralstonia solanacearum*. **Bragantia**, v.69, p.27-37, 2010.

PEREIRA, M. A. B.; AZEVEDO, S. M. DE; FREITAS, G. A. DE; SANTOS, G. R. DOS NASCIMENTO, E. R. DO. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de genótipos de tomateiro em condições de temperatura elevada. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.330-337, 2012.

PORTER, J. R. Rising temperatures are likely to reduce crop yields. **Nature**, v.436, p.174-186, 2005.

RUDICK, J.; ZAMSKI, E.; REGEV, Y. Genotypic variation for sensitivity to high temperature in the tomato: pollination and fruit set. **Botanical Gazette**, v.138, p.448-452, 1977.

SAEED, A.; HAYAT, K.; KHAN, A. A.; JQBAL, S. Heat tolerance studies in tomato (*Lycopersicon esculantum* Maill.). **International journal of agriculture & biology**, v.9, p.649-652, 2007.

SATO, S; KAMIYAMA, M; IWATA, T; N. MAKITA, N; FURUKAWA, H; IKEDA, H. Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of *lycopersicon esculentum* by disrupting specific physiological processes in male reproductive development. **Annals of Botany**, v.97, p.731–738, 2006.

SILVA, A. C. F.; LEITE, I. C.; BRAZ, L. T. Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.156-165, 2000.

TAUNGBODHITAM, A. K.; JONES, G. P.; WAHLQUIST, M. L.; BRIGGS, D. R. Evaluation of extraction method for the analysis of carotenoids in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, v.63, p.577-584, 1998.

CAPÍTULO III

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE GENÉTICA DE LINHAGENS F_5 DE TOMATEIRO EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO UTILIZANDO A METODOLOGIA DOS MODELOS MISTOS

ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE GENÉTICA DE LINHAGENS F₅ DE TOMATEIRO EM DOIS AMBIENTES DE CULTIVO UTILIZANDO A METODOLOGIA DOS MODELOS MISTOS

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar a adaptabilidade e a estabilidade genética de linhagens F₅ de tomateiro, em dois ambientes, a partir de modelos mistos. Os experimentos foram conduzidos na Horta do Departamento de Agronomia - DEPA, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em Recife, PE, de fevereiro a junho de 2012. Foram avaliadas 20 linhagens F₅, a cultivar Yoshimatsu e o híbrido SE 1055 F₁ em dois ambientes, casa de vegetação e campo. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com 22 tratamentos, quatro repetições, tendo a parcela útil duas plantas. Avaliaram-se as seguintes variáveis: massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e pegamento de frutos (PEG). Usou-se a metodologia dos modelos mistos, pelo procedimento REML/BLUP, para a estimação de parâmetros genéticos e análise dos valores genotípicos. O software empregado para fazer as análises genéticas e estatísticas foi o SELEGEN, através do modelo estatístico 54. A acurácia indicou precisão experimental para os caracteres avaliados. A herdabilidade da média do genótipo (h^2_{mg}) foi de 53,4% e de 20,9% para MFC/PL e PEG, respectivamente. Para PEG a correlação genotípica do desempenho das linhagens nos ambientes foi de 79,6%, considerada alta, indicando que a interação linhagens x ambientes foi baixa. O que não foi observado na MFC/PL, que teve correlação de 47,9%, indicando que houve interação para essa característica. Considerando o ordenamento dos genótipos para MFC/PL, as linhagens 06 e 08 foram as que apresentaram maiores ganhos genéticos. Com base na média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos preditos (MHPRVG), destacaram-se as linhagens 06 e 08 com maior adaptabilidade e estabilidade e produtividade aos dois ambientes, sendo, para efeito de seleção, as mais indicadas.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, pegamento de frutos, seleção de linhagens, REML/BLUP.

GENETIC ADAPTABILITY AND STABILITY OF F₅ INBRED LINES OF TOMATO CROP IN TWO CULTIVATION ENVIRONMENTS USING THE METHODOLOGY OF MIXED MODELS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the adaptability and stability of genetic lines F₅ tomato in two environments, using mixed models. The experiments were carried out in the vegetable-garden of the Department of Agronomy - DEPA, at Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco State, Brazil, from February to June 2012. We evaluated 20 lines F₅, the cultivar Yoshimatsu and hybrid SE 1055 F₁ in two environments, greenhouse and field. The experiment was performed in a randomized block with 22 treatments, four replications, with two plants per plot. We evaluated the following variables: mass of marketable fruits per plant (MFC/PL) and fruit set (PEG). It was used the methodology of mixed models by REML/BLUP for the estimation of genetic parameters and analysis of genotypic values. The software used to make genetic analysis and statistics was SELEGEN through the statistical model 54. The accuracy indicated experimental precision for all the traits. The heritability of the average genotype (h_{2mg}) was 53.4% and 20.9% for MFC/PL and PEG, respectively. For PEG genetic correlations of performance of the lines in the environments was 79.6%, considered high, indicating that the lines x environment interaction was low. On the other hand MFC/PL, showed a correlation of 47.9%, indicating that there was an interaction with the environments. Considering the ranking of genotypes for MFC/PL, lines 06 and 08 showed the greatest genetic gain. Based on the harmonic mean of the relative performance of the predicted genotypic values (MHPRVG), The lines 06 and 08 stand out with greater adaptability and stability and productivity in both areas, and the most suitable for the purpose of selecting.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, fruit set, selection of lines, REM /BLUP.

1. INTRODUÇÃO

O tomateiro é uma planta que exige condições adequadas de temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar para se desenvolver satisfatoriamente e produzir frutos. Assim, as condições climáticas influenciam de forma significativa os processos fisiológicos da planta, tais como: florescimento e frutificação. As principais limitações ambientais ao seu cultivo são os períodos chuvosos e as altas temperaturas, devido à incidência de pragas e doenças e as suas exigências fisiológicas para a frutificação.

O cultivo do tomateiro no campo está propenso à ação de intempéries do clima: chuvas fortes, granizo, alta insolação e temperaturas elevadas. Uma forma eficiente de superar essas adversidades climáticas e maximizar a produtividade das plantas é a utilização do cultivo em casa de vegetação (CALIMAN et al., 2005). Sua importância está relacionada à possibilidade de se produzir frutos em épocas e regiões nas quais as condições climáticas são desfavoráveis, propiciando o fornecimento no período da entressafra e obtendo-se melhores preços na venda do produto (ANDRIOLO, 2000).

As altas temperaturas limitam a produtividade e adaptação da cultura do tomate ao cultivo protegido, principalmente se essas temperaturas extremas coincidem com os estádios de florescimento da planta. Isso considerando genótipos sensíveis a essas adversidades. Temperaturas acima de 34°C na época de formação do grão de pólen provocam redução na quantidade de pólen, na porcentagem de germinação e na taxa de crescimento do tubo polínico, determinando um número menor de frutos por planta (FONTES; SILVA, 2005; PRESSMAN et al., 2002; SILVA et al., 2000).

Tendo em vista essas condições ambientais e a importância do cultivo protegido ou em campo sob condições estressantes, torna-se essencial a obtenção de genótipos tolerantes e bem adaptados, que proporcionem o máximo de produtividade, aliado ao alto padrão de qualidade de seus frutos (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000; SILVA et al., 2011).

A existência da interação genótipo x ambiente é uma dificuldade adicional à seleção e recomendação de genótipos, pois o melhor genótipo em um ambiente pode não o ser em outro (CRUZ; REGAZZI, 1997; RESENDE, 2000). Para amenizar a influência da interação, tem-se recomendado o uso de cultivares com ampla

adaptabilidade e boa estabilidade. A adaptabilidade refere-se à capacidade dos genótipos responderem vantajosamente à melhoria do ambiente. Estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos apresentarem comportamento altamente previsível em função das melhorias no ambiente (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Na literatura, estão disponíveis vários métodos desenvolvidos para a seleção de genótipos quanto à adaptabilidade e estabilidade. Podendo-se citar os métodos de Cruz et al. (1989), Eberhart; Russell (1966), Finlay; Wilkinson (1963), Lin; Binns (1988), dentre outros.

Atualmente, têm-se optado por metodologias de interpretação mais simples e eficientes para a análise de adaptabilidade e estabilidade. Nesse sentido, medidas que unem ambas, adaptabilidade e estabilidade, em um único procedimento, tais como os métodos de Annicchiarico (1992) e Lin; Binns (1988) e modificações têm sido mais enfatizadas (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

A metodologia dos modelos mistos, através do método da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos preditos (MHPRVG), baseia-se na seleção simultânea para adaptabilidade, estabilidade e produtividade. Este método ainda apresenta as seguintes vantagens: considera os efeitos genotípicos como aleatórios e fornece a adaptabilidade e estabilidade genotípica e não fenotípica; permite considerar erros correlacionados dentro de locais; fornece valores genéticos já descontados da instabilidade; pode ser aplicado a qualquer número de ambientes; permite considerar a adaptabilidade e estabilidade na seleção de indivíduos dentro de progênie e gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado (RESENDE, 2002).

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e a estabilidade genética de linhagens F_5 de tomateiro, sob condições de campo e casa de vegetação, quanto ao pegamento e produtividade de frutos, utilizando a metodologia dos modelos mistos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, ano e período de condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos na Horta do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife, PE, de fevereiro a junho de 2012.

2.2 Obtenção de linhagens F_5 de tomateiro

As linhagens foram obtidas a partir de plantas F_2 , oriundas do híbrido SE 1055 F_1 , desenvolvido para condições quentes e úmidas pela empresa East West Seeds. Foi utilizado o método SSD para o avanço das gerações segregantes. Na geração F_5 foram contabilizadas 180 linhagens. SE 1055 F_1 apresenta resistência ao *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* raça 2, ao vírus do mosaico do tomateiro (TomV), *Verticillium dahliae* e geminivirus (TYLCV).

2.3 Experimento 1: Avaliação de linhagens F_5 de tomateiro em casa de vegetação

A casa de vegetação utilizada para o experimento foi tipo capela, com 30 m de comprimento, 6 m de largura e 3 m de pé direito, visando estabelecer um microclima caracterizado por temperaturas elevadas e baixa luminosidade.

Para representar as 180 linhagens F_5 foram amostradas 20 delas, de forma casualizada, de modo a representar o modelo aleatório para genótipos. Estas foram numeradas, para identificação, de 1 a 20 e acrescidas de duas cultivares como testemunhas: SE 1055 F_1 e Yoshimatsu, resistente à murcha bacteriana e tolerante a altas temperaturas, compondo, assim, 22 tratamentos experimentais.

O plantio das sementes foi realizado em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, contendo substrato indicado para o cultivo de mudas de hortaliças. Estas bandejas foram mantidas em casa de vegetação fechada lateralmente com tela e sistema automático de irrigação. Com quatro folhas definitivas as mudas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 8,5 L, contendo pó de coco lavado. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e duas plantas por parcela, espaçadas em 0,6 m na linha e 1,0 m na entrelinha.

A nutrição mineral e a necessidade hídrica das plantas foram supridas através de solução nutritiva, cujas concentrações dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, Cl foram, 187,5; 57,5; 354; 190; 50; 99; e 70,5 ppm, respectivamente e os micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu, B e Mo, com 3,375; 0,875; 0,175; 0,07; 0,417 e 0,075 ppm, respectivamente.

Foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento, com um emissor de 2L h⁻¹, com irrigações três vezes ao dia. O tempo de irrigação variou com a necessidade hídrica da cultura, nas diferentes fases de crescimento. Esta forma de produção é denominada de cultivo hidropônico com substrato. As plantas foram tutoradas, verticalmente, com fitilhos plásticos, presos em arames horizontais esticados a 3 m de altura. Com o desenvolvimento das plantas foi feita a desbrota dos ramos laterais até o primeiro cacho.

Aplicações preventivas de inseticidas foram realizadas para o controle das pragas: mosca branca (*Bemisia argentifolii* Bellows e Perring, 1994), ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus* Branks, 1904), pulgão verde (*Myzus persicae* Sulzer, 1776), tripses (*Frankliniella schultzei* Trybom, 1920) e broca pequena do tomateiro (*Neoleucinodes elegantalis* Guenée, 1954).

Os caracteres avaliados foram: pegamento de frutos, relação entre o número de frutos comerciais gerados e o número total de flores nos três primeiros cachos florais e a massa de frutos comerciais por planta, representada pela massa dos frutos comerciais, expresso em kg e somadas em todas as colheitas. Oito colheitas foram realizadas de abril a junho de 2012.

2.4 Experimento 2: Avaliação de linhagens F₅ de tomateiro em campo

O experimento foi realizado na Horta do Departamento de Agronomia da UFRPE. Para a condução das plantas utilizaram-se sacos de cultivo, denominados *slabs*, fabricados em polietileno, com 15 cm de diâmetro e 2,0 m de comprimento. Os sacos, preenchidos com pó de coco lavado, foram distribuídos em canteiros forrados com *mulching*, dupla face, branco e preto.

Cada canteiro recebeu 18 sacos de cultivo, divididos em duas linhas de nove sacos, espaçadas em 0,6 m uma linha da outra. Em cada saco foram abertos dois orifícios, espaçados um do outro em 0,6 m, formando a parcela, constituída por duas

plantas. Foi adotado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, de forma que cada bloco foi formado por três linhas de plantas.

A sementeira foi feita com as mesmas linhagens e testemunhas utilizadas anteriormente, em bandejas de poliestireno, contendo substrato comercial indicado para o cultivo de mudas de hortaliças. O transplante para os sacos de cultivo, contendo pó de coco lavado, ocorreu quando as plantas apresentaram quatro folhas definitivas.

O sistema de cultivo adotado foi o hidropônico com substrato, para dar a mesma condição hídrica e nutricional às progênies avaliadas nos dois experimentos e, assim, fazer melhor uso das comparações destas em relação aos ambientes testados. A nutrição mineral e a necessidade hídrica das plantas foram fornecidas por solução nutritiva nas mesmas condições do experimento em casa de vegetação. A condução das plantas, tutoramento e desbrota, foi executada da mesma forma que no experimento anterior. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de acordo com as necessidades das plantas e da mesma forma que no experimento em casa de vegetação. Foram realizadas seis colheitas, no período de maio a junho de 2012.

2.5 Análises genético estatísticas

As análises estatísticas e a estimação dos parâmetros genéticos foram realizadas via modelos mistos do tipo REML/BLUP, empregando o software SELEGEN, Sistema Estatístico e Seleção Genética Computadorizada, conforme (RESENDE, 2007).

Utilizou-se o modelo estatístico 54 do SELEGEN-REML/BLUP, para verificar o efeito das linhagens em relação aos dois ambientes de cultivo. Esse modelo é dado por: $y = Xr + Zg + Wi + e$, em que: y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; g = é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios), i é vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios), e = é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios).

As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão apresentados os parâmetros genéticos para os caracteres massa de frutos comerciais por planta MFC/PL e pegamento (PEG). Entre os parâmetros estão o coeficiente de variação e a acurácia, que são usados para quantificar a precisão experimental.

Com relação à acurácia, os valores ideais e que devem ser alcançados são $\geq 70,0\%$. No entanto, acima de 50% já são considerados bons. Para o caráter MFC/PL, foi apresentado valor de 73,1%, sendo classificado como de alta precisão. Quanto ao PEG, o valor da acurácia foi de 55,7%, indicando boa precisão experimental. Os CVe foram 19,44% e 30,35% para PEG e MFC/PL, respectivamente. Sendo considerados de média e baixa precisão experimental.

Resende; Duarte (2007) atribuem ao CVe a condição de parâmetro inadequado para avaliação da qualidade dos experimentos, devido a esse parâmetro não considerar o nível de variação genotípica e o número de repetições. Ao contrário da acurácia, mais indicada para medição da precisão experimental.

O coeficiente de herdabilidade em nível de indivíduo (h^2_g), para os dois caracteres avaliados foi baixo, com 21,2% para MFC/PL e 3,2% para PEG. Resende (2002) relata que baixos valores de h^2_g são muito comuns para caracteres quantitativos, e que indicam moderados a altos índices de herdabilidade em nível de médias de progênie. Frente a isso, a herdabilidade da média do genótipo (h^2_{mg}) foi de baixa a mediana, com 53,4 e 20,9% para MFC/PL e PEG, respectivamente. Isso mostra a influência do ambiente sobre o pegamento e a produção de frutos dificultando a seleção das melhores linhagens.

O coeficiente de determinação dos efeitos da interação linhagens x ambientes (c^2_{int}) foi de baixo valor nos dois sistemas de cultivo, demonstrando homogeneidade ambiental dentro dos blocos. A correlação genotípica entre o desempenho das linhagens nos ambientes para PEG foi de 79,6% e, é considerada alta, mostrando que a interação linhagens x ambientes foi baixa. O que não foi observado para MFC/PL, que teve correlação de 47,9%, indicando que houve interação para essa característica.

Na Tabela 2 estão ordenadas as 20 linhagens avaliadas e as testemunhas SE 1055 F₁ e Yoshimatsu com base nos efeitos (g) e valores (u + g) genotípicos encontrados, descontados da interação com o ambiente e, (u + g + gem) que é o

valor genotípico médio, capitalizado da interação média nos dois ambientes (RESENDE, 2007).

Considerando o ordenamento dos genótipos para MFC/PL, as linhagens 06 e 08 foram as que apresentaram melhores valores genotípicos, conseqüentemente maiores ganhos e maiores novas médias (Tabela 2). Para PEG, foi observado que as linhagens 05 e 15 foram as de melhores valores genotípicos, como também maiores ganhos e maiores novas médias.

De modo geral, os pesquisadores devem buscar a estimação de valores genotípicos, pois são estes os verdadeiros valores a serem preditos (BORGES et al., 2010). Os valores referentes à nova média são as predições feitas pelo BLUP para os cultivos comerciais, onde a linhagem de tomateiro cultivada deverá produzir, em média, tais valores.

A capacidade dos genótipos de responderem bem em vários ambientes e apresentarem comportamento previsível em função das melhorias no ambiente, para a maioria dos programas de melhoramento genético, é uma meta a ser alcançada e isso mostra a relevância dos estudos sobre a adaptabilidade e estabilidade na cultura do tomateiro. Na Tabela 3, estão os valores estimados referentes à estabilidade, adaptabilidade e produtividade, os valores genotípicos e a média harmônica da performance relativa dos valores genotípicos preditos (MHPRVG) para MFC/PL e PEG nos dois ambientes, casa de vegetação e campo. O resultado do ordenamento coloca as linhagens 06 e 08 e a testemunha Yoshimatsu como as melhores.

Os valores de MHPRVG (Tabela 3) mostram a superioridade média do genótipo em relação à média do ambiente em que for plantado. Assim, a linhagem 08 responde em média 1,552 e 1,028 vezes a média do ambiente em que for cultivado, para MFC/PL e PEG respectivamente.

Já a MHPRVG*MG fornece o valor genotípico médio das linhagens nos locais avaliados, já penalizado a instabilidade e capitalizado a adaptabilidade baseando-se, na mesma unidade de medida da característica em questão. Assim, quanto menor for o desvio do comportamento genotípico, baseando-se na influência dos ambientes, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos (RESENDE, 2007).

Com base nesse menor desvio e conseqüentemente no aumento do valor genotípico, as linhagens 06 e 08 foram as melhores ordenadas para MFC/PL, com MHPRVG*MG de 3,624 e 3,304 respectivamente. Sendo, então, as de maior adaptabilidade, estabilidade e produtividade nos dois ambientes, casa de vegetação e campo.

O PEG de um genótipo qualquer está ligado a MFC/PL, tendo a massa ou tamanho do fruto grande interferência na produção final da planta. Assim, o PEG leva em consideração se a flor gerou fruto, não seu tamanho. De modo que plantas com pegamento mediano podem ser até mais produtivas que plantas com PEG maior, caso apresentem frutos maiores.

Ainda com relação ao PEG, as linhagens 06 e 08 ficaram do meio para o final no ordenamento com relação às linhagens melhores ordenadas, 05 e 15. No entanto, o PEG entre elas apresentou valores muito próximos. Conclui-se que as linhagens 06 e 08 por apresentarem maior MFC/PL possuem frutos de maior massa ou tamanho.

2 CONCLUSÃO

1. A metodologia dos modelos mistos se mostrou eficiente na estimação do ganho genético, no ordenamento e seleção das linhagens com melhor desempenho produtivo aos dois sistemas de cultivo, casa de vegetação e campo;
2. Pela metodologia REML/BLUP destacaram-se as linhagens 06 e 08 com maior adaptabilidade e estabilidade genética e produtividade para massa de frutos comerciais nos dois ambientes. Sendo, então, para efeito de seleção as mais indicadas.

Tabela 1. Parâmetros genéticos (REML Individual), para os caracteres massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e pegamento de frutos (PEG). UFRPE, Recife, PE, 2012

| Parâmetros | Caracteres | |
|------------------------------------|------------|---------|
| | MFC/PL | PEG (%) |
| V_g | 198673,600 | 0,000 |
| V_{int} | 215234,437 | 0,000 |
| V_e | 522516,492 | 0,013 |
| V_f | 936424,531 | 0,014 |
| h²_g | 0,212 | 0,032 |
| c²_{int} | 0,229 | 0,008 |
| h²_{mg} | 0,534 | 0,209 |
| A_{cgen} | 0,731 | 0,557 |
| r_{gloc} | 0,479 | 0,796 |
| CV_{gi%} | 18,71 | 3,59 |
| CV_{e%} | 30,35 | 19,44 |
| Média Geral | 2,381 | 0,605 |

V_g: variância genotípica; V_{int}: var. da I,G,E; V_e: var. residual; V_f: var. fenotípica individual; h²_g = h²: herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo; c²_{int} = c²₁: coef. de determinação dos efeitos da interação genótipos x locais; h²_{mg}: herdabilidade da média de genótipo; A_{cgen}: acurácia da seleção de genótipos; r_{gloc}: correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes; CV_{gi%}: coef. de variação genotípica e CV_{e%}: coef. de variação residual.

Tabela 2. Ordem dos genótipos selecionados, considerando os dois ambientes, para massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e pegamento de frutos (PEG). UFRPE, Recife, PE, 2012

| Genótipos ordenados | MFC/PL | | | | | PEG | | | | | |
|------------------------|--------|-------|-------|------------|---------|------------------------|-------|-------|-------|------------|---------|
| | g | u+g | Ganho | Nova média | u+g+gem | Genótipos ordenados | g | u+g | Ganho | Nova média | u+g+gem |
| 08 | 0,781 | 3,162 | 0,781 | 3,162 | 3,586 | 05 | 0,014 | 0,619 | 0,014 | 0,619 | 0,621 |
| 06 | 0,605 | 2,987 | 0,693 | 3,075 | 3,315 | 15 | 0,014 | 0,619 | 0,014 | 0,619 | 0,621 |
| Yoshimatsu | 0,458 | 2,839 | 0,615 | 2,996 | 3,087 | 07 | 0,011 | 0,617 | 0,013 | 0,618 | 0,618 |
| 11 | 0,266 | 2,647 | 0,527 | 2,909 | 2,791 | 14 | 0,011 | 0,616 | 0,012 | 0,618 | 0,617 |
| 09 | 0,218 | 2,599 | 0,466 | 2,847 | 2,717 | 17 | 0,009 | 0,614 | 0,012 | 0,617 | 0,615 |
| 04 | 0,175 | 2,556 | 0,417 | 2,798 | 2,651 | 03 | 0,007 | 0,613 | 0,011 | 0,616 | 0,614 |
| 18 | 0,120 | 2,501 | 0,375 | 2,756 | 2,567 | 18 | 0,005 | 0,610 | 0,010 | 0,615 | 0,611 |
| 07 | 0,087 | 2,468 | 0,339 | 2,720 | 2,516 | 13 | 0,005 | 0,610 | 0,009 | 0,615 | 0,611 |
| 15 | 0,200 | 2,401 | 0,303 | 2,685 | 2,412 | 01 | 0,005 | 0,610 | 0,009 | 0,614 | 0,611 |
| 12 | 0,100 | 2,391 | 0,274 | 2,655 | 2,396 | 04 | 0,003 | 0,608 | 0,008 | 0,614 | 0,609 |
| SE 1055 F ₁ | 0,021 | 2,360 | 0,247 | 2,628 | 2,348 | 11 | 0,003 | 0,608 | 0,008 | 0,613 | 0,609 |
| 17 | 0,065 | 2,316 | 0,221 | 2,602 | 2,280 | SE 1055 F ₁ | 0,001 | 0,606 | 0,007 | 0,613 | 0,607 |
| 14 | 0,142 | 2,238 | 0,193 | 2,574 | 2,161 | 16 | 0,001 | 0,604 | 0,007 | 0,612 | 0,603 |
| 02 | 0,151 | 2,229 | 0,168 | 2,550 | 2,147 | 02 | 0,002 | 0,602 | 0,006 | 0,611 | 0,602 |
| 01 | 0,176 | 2,205 | 0,145 | 2,527 | 2,109 | 06 | 0,004 | 0,600 | 0,005 | 0,610 | 0,600 |
| 19 | 0,193 | 2,188 | 0,124 | 2,505 | 2,083 | 09 | 0,006 | 0,599 | 0,004 | 0,610 | 0,598 |
| 13 | 0,216 | 2,164 | 0,104 | 2,485 | 2,046 | 19 | 0,008 | 0,597 | 0,004 | 0,609 | 0,596 |
| 10 | 0,217 | 2,163 | 0,086 | 2,467 | 2,046 | 20 | 0,011 | 0,594 | 0,003 | 0,608 | 0,592 |
| 20 | 0,238 | 2,142 | 0,069 | 2,450 | 2,013 | 08 | 0,012 | 0,593 | 0,002 | 0,607 | 0,591 |
| 05 | 0,341 | 2,039 | 0,048 | 2,430 | 1,854 | 10 | 0,012 | 0,592 | 0,001 | 0,607 | 0,591 |
| 03 | 0,429 | 1,951 | 0,026 | 2,407 | 1,719 | 12 | 0,013 | 0,592 | 0,001 | 0,606 | 0,590 |
| 16 | 0,549 | 1,832 | 0,000 | 2,381 | 1,534 | Yoshimatsu | 0,020 | 0,584 | 0,000 | 0,605 | 0,582 |

g: efeito genotípico predito; u + g: média genotípica ou valores genotípicos; u + g + gem = valor genotípico

Tabela 3. Adaptabilidade e estabilidade genotípica, para massa de frutos comerciais por planta (MFC/PL) e pegamento de frutos (PEG). UFRPE, Recife, PE, 2012.

| Genótipos Ordenados | MFC/PL | | Genótipos Ordenados | PEG | |
|------------------------|--------|-----------|------------------------|--------|-----------|
| | MHPRVG | MHPRVG*MG | | MHPRVG | MHPRVG*MG |
| 08 | 1,522 | 3,624 | 05 | 1,028 | 0,622 |
| 06 | 1,387 | 3,304 | 15 | 1,027 | 0,622 |
| Yoshimatsu | 1,267 | 3,017 | 07 | 1,023 | 0,619 |
| 11 | 1,180 | 2,811 | 14 | 1,022 | 0,618 |
| 09 | 1,150 | 2,738 | 17 | 1,017 | 0,616 |
| 04 | 1,090 | 2,595 | 03 | 1,015 | 0,614 |
| 07 | 1,068 | 2,543 | 01 | 1,010 | 0,611 |
| 18 | 1,044 | 2,487 | 13 | 1,010 | 0,611 |
| 15 | 1,024 | 2,439 | 18 | 1,010 | 0,611 |
| 12 | 1,012 | 2,411 | 11 | 1,007 | 0,610 |
| SE 1055 F ₁ | 0,981 | 2,336 | 04 | 1,006 | 0,609 |
| 17 | 0,917 | 2,185 | SE 1055 F ₁ | 1,003 | 0,607 |
| 14 | 0,912 | 2,174 | 16 | 0,997 | 0,603 |
| 01 | 0,876 | 2,086 | 02 | 0,995 | 0,602 |
| 02 | 0,873 | 2,080 | 06 | 0,990 | 0,599 |
| 10 | 0,868 | 2,068 | 09 | 0,988 | 0,598 |
| 13 | 0,845 | 2,013 | 19 | 0,984 | 0,595 |
| 19 | 0,829 | 1,976 | 20 | 0,979 | 0,592 |
| 20 | 0,774 | 1,844 | 08 | 0,975 | 0,590 |
| 05 | 0,738 | 1,759 | 10 | 0,974 | 0,590 |
| 03 | 0,723 | 1,723 | 12 | 0,972 | 0,588 |
| 16 | 0,644 | 1,534 | Yoshimatsu | 0,958 | 0,580 |

MHPRVG*MG refere-se à MHPRVG multiplicada pela média geral de todos os sistemas.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLO, J. L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.18, p.26-33, 2000.

ANNICCHIARICO, P. Cultivar adaptation and recommendation from alfalfa trials in Northern Italy, **Journal of Genetics & Breeding**, v.46, p.269-278, 1992.

BORGES, V.; FERREIR, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. S. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, p.643-649, 2010.

CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; FONTES, P. C. R.; STRINGHETA, P. C.; MOREIRA, G. R.; CARDOSO, A. A. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.255-259, 2005.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, O. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585p.

CRUZ, C. D.; TORRES, R. A. de A.; VENCOVSKY, R. An alternative approach to stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, p.567-580, 1989.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos?, **Horticultura Brasileira**, v.18, p.3-4, 2000.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties, **Crop Science**, v.6, p.36-40, 1966.

FINLAY, K. W.; WILKINSON, G. N. The analysis of adaptation in a plant breeding programme, **Australian Journal of Agricultural Research**, v.14, p.742-754, 1963.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Cultura do tomate**. In: FONTES, P. C. R. (Ed.). **Olericultura: teoria e pratica**. Vicosa: UFV, 2005. 457p.

LIN, C. S.; BINNS, M. R. A method of analyzing cultivar x location x year experiments: a new stability parameter, **Theoretical and Applied Genetics**, v.76, p.425-430, 1988.

PRESSMAN, E; PEET, M. M.; PHARR, D. M. The effect of heat stress on tomato pollen characteristics is associated with changes in carbohydrate concentration in the developing anthers. **Annals of Botany**, v.90, p.631-636, 2002.

RESENDE M. D. V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101p.

RESENDE M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP: Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 359p.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, p.182-194, 2007.

SILVA, A. C. F.; LEITE, I. C.; BRAZ, L. T. Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro, **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.156-165, 2000.

SILVA, A. C. DA; COSTA, C. A. DA; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Avaliação de linhagens de tomate cereja tolerantes ao calor sob sistema orgânico de produção. **Revista Caatinga**, v.24, p.33-40, 2011.