

RICARDO DE NORMANDES VALADARES

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE BERINJELA TOLERANTES A ALTA
TEMPERATURA E HETEROSE EM SEUS HÍBRIDOS**

RECIFE

2018

RICARDO DE NORMANDES VALADARES

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE BERINJELA TOLERANTES A ALTA
TEMPERATURA E HETEROSE EM SEUS HÍBRIDOS**

Tese 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 título de doutor em Agronomia, área de concentração em Melhoramento Genético de Plantas.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Professor Dr. Dimas Menezes – Orientador – UFRPE

Professor Dr. Roberto de Albuquerque Melo – Coorientador – UFRPE

RECIFE

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

V136s Valadares, Ricardo de Normandes.
Seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose
Em seus híbridos / Ricardo de Normandes Valadares.- Recife, 2018.
93 f. : il.

Orientador: Dimas Menezes.
Coorientador: Roberto de Albuquerque Melo.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de
Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, Recife, BR-PE,
2018.
Inclui referências e anexos.

1. Solanum melongena L. 2. Pegamento de frutos 3. Viabilidade polínica
4. Produtividade 5. Heterose 6. Variabilidade genética I. Menezes, Dimas, orient.
II. Melo, Roberto de Albuquerque coorient. III. Título

CDD 664

**SELEÇÃO DE LINHAGENS DE BERINJELA TOLERANTES A ALTA
TEMPERATURA E HETEROSE EM SEUS HÍBRIDOS**

RICARDO DE NORMANDES VALADARES

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em 8 de março de 2018

Orientador:

Dr. Dimas Menezes
(Professor/DEPA/Fitotecnia/UFRPE)

Examinadores:

Dr. Francisco José de Oliveira
(Professor/DEPA/Fitotecnia/UFRPE)

Dra. Jacqueline Wanessa de Lima Pereira
(Pesquisadora/PNPD/PPGAMGP/UFRPE)

Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho
(Professor/DEPA/Fitotecnia/UFRPE)

Dr. Júlio Carlos Polimeni de Mesquita
(Pesquisador/IPA)

RECIFE-PE
Março de 2018

A Deus,
Ofereço

Aos meus pais, Lucineth de Normandes Valadares, Raimundo Sousa Valadares e minha irmã Patrícia de Normandes Valadares por todo o amor e dedicação para comigo, por terem sido a peça fundamental para que tenha me tornado a pessoa que hoje sou.

Aos meus familiares e amigos (as) pelo carinho e apoio dispensados em todos os momentos que precisei.

Dedico

“Feliz aquele que transfere tudo o que sabe e aprende o que ensina”
Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças e iluminando meu caminho, para que pudesse concluir mais essa etapa da minha vida;

Aos meus familiares por todo amor, apoio e dedicação, pelo qual tenho maior orgulho e eterno agradecimento, pelos momentos em que estiveram ao meu lado, me apoiando e me fazendo acreditar que nada é impossível.

Aos amigos (as), pela verdadeira amizade que construímos juntos e em particular aqueles que estavam sempre ao meu lado: Jordana Antônia Silva, Danieli Nóbrega, Lilian Bonfim, Larissa Cristina da Silva, Stefanie Araújo, Carla Caroline Pereira, Jackeline Rossiter, Elisabete Albuquerque, Ana Maria Maciel, Horace Jose Jimenez, Letícia Lopes, Gislayne Moraes, Layane Coelho, Flávia Gomes, João Carlos Albuquerque Filho, Bianca Galúcio, Roberta Ferreira, Sueynne Marcella Bastos, Jacilene Santana e Suzanny Maria Silva por todos os momentos que passamos durante esses anos, meu especial agradecimento. Sem vocês essa trajetória não seria tão prazerosa e inesquecível.

Ao meu orientador, professor Dr. Dimas Menezes, pelos ensinamentos transferidos durante o período de orientação e especialmente nos meses em que o experimento esteve em andamento, onde mostrou toda sua dedicação como profissional e orientador, estando à disposição sempre que precisei.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Roberto de Albuquerque Melo pela amizade, pelos ensinamentos, sempre compartilhando conosco um pouco da sua experiência e do seu conhecimento como profissional, bem como sua dedicação sempre que precisei para o auxílio à concretização desta tese.

Aos professores (as): Gerson Quirino, Edson Silva, Vivian Loges, Rosimar Musser, Reginaldo de Carvalho, José Wilson da Silva, Luiza Suely Martins e Valderez Pontes Matos pelos ensinamentos e dedicação ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas”.

Aos membros da banca examinadora composta pelos professores, doutores José Luiz Sandes de Carvalho Filho, Francisco José de Oliveira, pelo pesquisador Dr. Júlio Carlos Polimeni de Mesquita e pela pesquisadora Dra. Jacqueline Wanessa de Lima Pereira, pelas contribuições dadas a confecção desta tese de doutorado.

Aos companheiros de convivência: Thalyson Lima, Daurivane Rodrigues e Thiago Lira pela amizade e apoio durante os meses que aqui passei.

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

Aos colegas de mestrado e doutorado: Ana Kelly Maia, Talyta Amaral, Andrezza Santos, Edilton Cavalcante Junior, Viviane Moreira, Tiago Nascimento, Sérgio Rogério Santana, Rodrigo Lima, Cristina Martins, Irlane Cristine Andrade, Ismael Costa, Taciana Lima e Maria Dulcinea Silva.

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

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa.

A Embrapa Hortaliças - Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças pela cessão dos acessos utilizados nos experimentos.

Por fim, gostaria de agradecer aos funcionários da Horta da UFRPE, Fernando Rocha, Fabian Santana, Roberval Eduardo Ferreira, Enivaldo José da Silva e demais funcionários pela ajuda e apoio quando precisei, durante a execução dos trabalhos, e a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado meu **AGRADECIMENTO**.

RESUMO

SELEÇÃO DE LINHAGENS DE BERINJELA TOLERANTES A ALTA TEMPERATURA E HETEROSE EM SEUS HÍBRIDOS

A berinjela é uma olerícola da família solanácea, cuja faixa ideal de temperatura para seu desenvolvimento encontra-se entre 22 e 32°C. Valores acima de 33°C causam a redução drástica na produtividade decorrente dos efeitos causados pelas altas temperaturas. Em virtude disso, objetivou-se selecionar linhagens e híbridos F_1 's de berinjela tolerantes a altas temperaturas. Para perseguir estes objetivos foram conduzidos três experimentos entre os anos de 2016 e 2017 na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. O primeiro experimento foi conduzido em casa de vegetação entre os meses de maio e setembro de 2016. Foram avaliados dez descritores morfológicos recomendados pelo International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) obtidos de 24 genótipos dispostos em quatro blocos ao acaso. Os dados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,01$) e de agrupamento, pelos métodos de Tocher e UPGMA tendo a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade. O segundo experimento foi conduzido entre os meses de dezembro/2016 e maio/2017. Oito caracteres foram analisados em 22 genótipos dispostos no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, conduzidos em casa de vegetação e no campo. Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta e as médias dos genótipos e ambientes agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,01$). Foram estimadas ainda as correlações genéticas, fenotípicas e ambientais para ambos os ambientes. No último experimento, foram avaliadas sete linhagens, 12 híbridos F_1 's obtidos de um dialelo parcial e o híbrido Ciça F_1 como testemunha. O experimento foi delineado em blocos completos ao acaso com quatro repetições, realizado entre os meses de agosto e dezembro de 2017. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,01$). Para obtenção das estimativas de capacidades geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), as médias dos genitores e dos híbridos F_1 's foram submetidas à análise dialélica. As estimativas da heterose relativa à média dos genitores foram obtidas para cada híbrido F_1 . De acordo com os dados obtidos no primeiro experimento, o comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF) e a relação comprimento/largura do fruto (RCLF), explicaram 90,72% da dissimilaridade genética total. As técnicas multivariadas foram parcialmente concordantes entre si e permitiram a visualização

da variabilidade genética entre os 24 genótipos estudados para todos os caracteres em menor e maior proporção. Os resultados do segundo experimento indicaram que as correlações foram positivas para os pares: Número de frutos por planta (NFP) x Índice de pegamento de fruto (IPF), NFP x Produção por planta (PP) e PP x IPF e negativa no par NFP x PP. Entre os caracteres viabilidade polínica (VP), IPF, NFP e PP as associações foram baixas e/ou negativas, em ambos os ambientes. Maiores médias para VP, NFP, PP foram observados no cultivo em casa de vegetação, enquanto que no campo os genótipos tiveram melhores desempenhos para IPF, peso do fruto (PF), CF, LF e RCLF. Em condições de altas temperaturas se destacaram os genótipos CNPH 135, CNPH 93, CNPH 79, CNPH 410, CNPH 84, CNPH 71, CNPH 668, Ajimurasaki F₁ e Kokushi Onaga F₁ com bom IPF e o CNPH 135 com os maiores IPF, PP, VP e PF. Em 45,45% dos genótipos os valores para IPF foram baixos, em torno de 21,32 a 40,51%. No campo os genótipos CNPH 84 e CNPH 668 tiveram o melhor IPF (>60%). Por fim, no terceiro experimento, os resultados da análise dialélica evidenciaram maior importância da CGC em relação à CEC na maior parte dos caracteres, exceto VP. Conforme a estimativa da CGC, o genitor CNPH 135 foi o que apresentou os melhores resultados. O efeito da CEC foi importante no controle da maioria dos caracteres, exceto para CF e LF. Tais resultados evidenciam a importância dos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos e indica a maior participação da ação gênica aditiva no controle da maioria dos caracteres de interesse para a seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas. Os híbridos F₁'s foram superiores às médias dos genitores, com heterose positiva, para os caracteres VP, IPF, NFP e PP. Enquanto que, para os demais caracteres foram observadas tanto heterose positiva quanto negativa em algumas combinações híbridas, mostrando a possibilidade de exploração da heterose para diferentes formatos e tamanhos de frutos.

Palavras-chave: *Solanum melongena* L., pegamento de frutos, viabilidade polínica, produtividade, heterose, variabilidade genética.

ABSTRACT

SELECTION OF LINEAGES OF HIGH-TEMPERATURE TOLERANT EGGPLANT AND HETEROSIS IN ITS HYBRIDS

Eggplant is an oleraceous from Solanaceae family, which its ideal temperature for development is between 22 and 32°C. Values above 33°C cause a drastic decrease in productivity due to the effects of high temperature. Because of this, the aim of this work is to select lineages and F₁ hybrids of high-temperature tolerant eggplants. To pursue these goals three experiments were conducted between the years of 2016 and 2017 at the Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE. The first experiment was conducted in a greenhouse between May and September of 2016. It was evaluated ten morphological aspects recommended by the International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) acquired from 24 genotypes arranged in four random blocks. Data were submitted to variance analysis ($p < 0.01$) and cluster analysis by Tocher's method and UPGMA, having the generalized Mahalanobis distance as a measure of dissimilarity. The second experiment was conducted between December of 2016 and May of 2017. Eight characters were analyzed in 22 genotypes arranged in the randomized block design with four replicates, conducted in a greenhouse and in field. Data were submitted to an analysis of joint variance and the means of genotypes and environment grouped by Scott-Knott test ($p < 0.01$). The genetic, phenotypic and environmental correlations were also estimated. In the last experiment, seven lineages were studied, 12 F₁ hybrids were attained from a partial diallel and the Ciça F₁ hybrid as witness. The experiment was designed in a randomized complete block with four replicates, performed between the months of August and December of 2017. Data were submitted to variance analysis and the mean grouped by the Scott-Knott test ($p < 0.01$). To obtain the estimates of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA), the means of genitors and F₁ hybrids were submitted to diallelic analysis. Estimates of heterosis related to the mean of genitors were attained for each F₁ hybrid. According with data acquired in the first experiment the fruit length (FL), fruit width (FW), and fruit length/width ratio (FLWR) explained 90,72% of the total genetic dissimilarity. Multivariate techniques were partially agreeing with each other and allowed visualization of the genetic variability between the 24 genotypes studied for all the characters in lesser or greater extent. The results of the second experiment indicated that the correlations were positive for

the pairs: Number of Fruits per Plant (NFP) x Index of fixation of fruits (IFF), NFP x Production per Plant (PP) and PP x IFF. The correlation was negative for the pair NFP x PP. Between the characters pollen viability (PV), IFF, NFP and PP the associations were low or negative on both environment. Greater means for PV, NFP and PP were observed in the growth at the greenhouse, while in the field the genotypes achieved better performance for IFF, Fruit Weight (FWe), FL, FW, FLWR. In high temperature conditions, genotypes CNPH 135, CNPH 93, CNPH 79, CNPH 410, CNPH 84, CNPH 71, CNPH 668, Ajimurasaki F₁ and Kokushi Onaga F₁ excelled with a good IFF and the CNPH 135 with the best IFF, PP, PV and FWe. In 45.45% of genotypes values for IFF were low, around 21.32% to 40.51%. In the field, genotypes CNPH 84 and CNPH 668 had the best IFF (>60%). Finally, in the third experiment, the results of diallelic analysis showed a prevalence of GCA over SCA in most of characters, except PV. According to the GCA estimates, the genitor CNPH 135 was the one that presented the best results. The effect of SCA was important in the control of most characters, except FL and FW. Such results show the importance of additive and non-additive gene effects and point out a larger participation of additive gene action in controlling most of the characters of interest for a selection of high-temperature tolerant genotypes. The F₁ hybrids were superior to the average of genitors, with positive heterosis for characters PV, IFF, NFP and PP; for the rest of characters it was observed positive and negative heterosis in some hybrid combinations, showing the possibility of exploration of heterosis for different shapes and sizes of fruits.

Key-words: *Solanum melongena* L., fixation of fruits, pollen viability, productivity, heterosis, gene variability.

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO II****DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS**

	Páginas
Tabela 1. Genótipos de berinjela com suas respectivas identificações e procedências avaliados sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.....	22
Tabela 2. Quadrado médio de tratamento e médias de seis caracteres agronômicos avaliados em 24 genótipos de berinjela sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.....	24
Tabela 3. Contribuição relativa de seis caracteres quantitativos para a divergência genética entre 24 genótipos de berinjela, utilizando o método de Singh avaliados em 24 genótipos de berinjela sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.....	25
Tabela 4. Agrupamento pelo método de Tocher, utilizando a distância de Mahalanobis (D^2) resultante da análise de 24 genótipos de berinjela avaliados sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.....	27
Tabela 5. Descrição dos genótipos para quatro caracteres qualitativos avaliados em 24 genótipos de berinjela sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.....	28

CAPÍTULO III

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BERINJELA SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS

Páginas

Tabela 1. Quadrados médios e médias para os caracteres número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP), viabilidade polínica (VP), índice de pegamento de frutos (IPF) avaliados em 24 genótipos de berinjela sob casa de vegetação e no campo. UFRPE, Recife, PE, 2016. UFRPE, Recife, PE, 2016.....	47
Tabela 2. Quadrados médios e médias para os caracteres peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF) e razão comprimento/largura do fruto (RCLF) avaliados em 24 genótipos de berinjela sob casa de vegetação e no campo. UFRPE, Recife, PE, 2016. UFRPE, Recife, PE, 2016.....	48
Tabela 3. Coeficientes de correlação fenotípica (r_f), genética (r_g) e ambiental (r_a) entre caracteres avaliados em genótipos de berinjela sob casa de vegetação e no campo. UFRPE, Recife, PE, 2016. UFRPE, Recife, PE, 2016.....	49

CAPÍTULO IV

CAPACIDADE COMBINATÓRIA E HETEROSE EM HÍBRIDOS DE BERINJELA SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS.

Páginas

Tabela 1. Descrição dos genótipos para os caracteres: cor do fruto na maturação comercial (CFMC), distribuição da cor do fruto na maturação comercial (DCFM), curvatura do fruto (CUF), espinho no cálice do fruto (ECF), Recife-PE, UFRPE, 2017.....	54
Tabela 2. Quadrados médios da análise dialélica parcial para viabilidade polínica (VP), índice de pegamento de frutos (IPF), número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), razão comprimento/largura do fruto (RCLF) e altura da planta (AP) em genótipos de berinjela submetidos a altas temperaturas. Recife-PE, UFRPE, 2017.....	67
Tabela 3. Estimativas da capacidade geral de combinação (g_i e g_i') e capacidade específica de combinação (s_{ij}) de 12 combinações híbridas resultantes de cruzamentos dialélicos parciais. Recife-PE, UFRPE, 2017.....	68
Tabela 4. Médias dos genitores, testemunha, híbridos F1 e heterose relativa a médias dos pais (H_r) para híbridos F1 para os caracteres viabilidade polínica (VP), índice de pegamento de frutos (IPF), número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP). UFRPE, Recife, PE, 2017.....	69
Tabela 5. Médias dos genitores, testemunha, híbridos F1 e heterose relativa a médias dos pais (H_r) para híbridos F1 para os caracteres peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), razão comprimento/largura do fruto (RCLF), altura da planta (AP). UFRPE, Recife, PE, 2017.....	70

LISTA DE FIGURAS**CAPÍTULO II****DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS**

Páginas

- Figura 1.** Temperatura relativa do ar (máxima, mínima e média) na casa de vegetação, entre os meses de junho e setembro de 2016..... 21
- Tabela 2.** Dendrograma obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis (D^2) resultante da análise de 24 genótipos de berinjela avaliados sob casa de vegetação em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016 26

CAPÍTULO III**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BERINJELA SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS**

Páginas

Figura 1. Temperatura relativa do ar (máxima, mínima e média) na casa de vegetação e no campo, entre os meses de dezembro/2016 a maio/2017. UFRPE, Recife, PE	36
--	----

CAPÍTULO IV

CAPACIDADE COMBINATÓRIA E HETEROSE EM HÍBRIDOS DE BERINJELA SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS.

Páginas

Figura 1. Umidade do ar, Temperatura relativa do ar (máxima, mínima e média) na casa de vegetação, entre os meses de setembro e dezembro de 2017. UFRPE, Recife, PE 55

SUMÁRIO

Páginas

RESUMO	ix
ABSTRACT	xi

CAPÍTULO I**1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO**

1.1. INTRODUÇÃO	2
1.2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
1.2.1 Origem, domesticação e classificação botânica da berinjela.....	3
1.2.2 Histórico e objetivos do melhoramento genético da berinjela no Brasil	4
1.2.3 Divergência genética	6
1.2.4 Tolerância a altas temperaturas	7
1.2.5 Obtenção e avaliação de linhagens e híbridos F ₁	9
1.2.6 Referências	11

CAPÍTULO II**2. DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS**

2.1. Resumo	18
2.2. Abstract	18
2.3. Introdução	19
2.4. Material e métodos	21
2.5. Resultados e discussão	24
2.6. Conclusões	29
2.7. Agradecimentos	29
2.8. Referências	29

CAPÍTULO III**3. SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS**

3.1. Resumo	33
3.2. Abstract	33
3.3. Introdução	34
3.4. Material e métodos	36
3.5. Resultados e discussão	38
3.6. Conclusões	43
3.7. Agradecimentos.....	43
3.8. Referências	44

CAPÍTULO IV**4. CAPACIDADE COMBINATÓRIA E HETEROSE EM HÍBRIDOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS**

4.1. Resumo	51
4.2. Abstract	51
4.3. Introdução	52
4.4. Material e métodos	54
4.5. Resultados e discussão	56
4.6. Conclusões	62
4.7. Agradecimentos.....	63
4.8. Referências	63

ANEXOS

Normas de redação de dissertação ou tese do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Melhoramento Genético de Plantas	72
---	----

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Introdução

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma olerícola originária do velho mundo, pertence à família das solanáceas, assim como o tomate (*Solanum lycopersicum* L.), batata (*Solanum tuberosum* L.), jiló (*Solanum aethiopicum* L.) pimenta (*Capsicum* spp) e pimentão (*Capsicum annuum* L.). É uma planta que apresenta apenas flores hermafroditas, auto-compatível, com dicogamia do tipo protoginia, preferencialmente autógama, porém com escape de até 50% de polinização cruzada, dependendo das condições ambientais e da presença de insetos polinizadores, classificando-a como espécie mista (Petrov et al. 1981, Ribeiro et al. 1998, Sekara et al. 2007, Nascimento e Freitas 2014).

No Brasil, a berinjela foi introduzida no século XVI pelos portugueses, porém foram os árabes que incluíram os frutos na culinária nacional. Os frutos de berinjela apresentam grande variabilidade de formas e cores, além de importante conteúdo nutricional e medicinal com propriedades que auxiliam no controle dos níveis de colesterol e pressão arterial. Ao mesmo tempo, o mercado consumidor tem-se tornado cada vez mais exigente quanto à qualidade do produto, levando os olericultores a utilizarem cultivares e híbridos cujos frutos tenham melhor qualidade e alta produtividade, destacando-se, comercialmente aqueles cuja coloração é escura e formato alongado ou oblongo (Ribeiro et al. 1998, Antonini et al. 2002, Weber et al. 2013).

Para que ocorra o crescimento e produção de frutos em berinjela a temperatura ótima deve estar em torno de 25 a 35 °C (Boiteux et al. 2016). O desvio dos valores abaixo ou acima da faixa ótima implica em alterações dos diversos processos metabólicos, com perdas qualitativas e quantitativas do produto final, que em casos extremos pode culminar com a morte prematura das plantas (Souza et al. 2011). Especificamente no caso da berinjela, a produtividade é drasticamente reduzida quando a temperatura excede 32°C. E pode estar associado à inviabilidade e estouramento do pólen, alongamento e/ou estouramento do tubo polínico, queima da ponta da antera e baixa porcentagem de frutos (Yi e Hou 2002, Baswana et al. 2006).

Situação típica de danos causados pelas altas temperaturas tem sido constatada nos cultivos de berinjela da região Nordeste do Brasil, onde a

produtividade é imprevisível e não segue uma regularidade, mesmo com a adoção de híbridos F_1 's e sistema de cultivo hidropônico em ambiente protegido. É provável que essa variação na produtividade em diferentes épocas do ano, seja causa e efeito das altas temperaturas, devido ao baixo índice de pegamento de fruto, principalmente em cultivos sob casa de vegetação onde a temperatura interna tem sido superior à externa em épocas do ano em que coincide com o período de florescimento e produção de frutos.

Para isso, estratégias de avaliação e seleção de genótipos de berinjela frente aos efeitos causados pelas altas temperaturas são necessárias e de fundamental importância. A adoção de caracteres correlacionados a tolerância às altas temperaturas é tida como estratégia eficiente de seleção e impede que genes de tolerância às altas temperaturas sejam perdidos durante o processo seletivo baseado apenas na produtividade, podendo ser realizada com sucesso em campo e casa de vegetação. Outro aspecto está ligado à existência da variabilidade genética, bem como, o conhecimento do modo como os caracteres envolvidos na tolerância a altas temperaturas são herdados (Souza et al. 2011).

O controle genético para tolerância a altas temperaturas parece ser controlado por mais de dois genes, sendo de dominância incompleta, adequado ao modelo aditivo-dominante, em que os efeitos aditivos são mais importantes. Podendo os programas de melhoramento direcionar seus objetivos iniciais para o aumento de alelos favoráveis a tolerância a altas temperaturas, devido aos efeitos aditivos e em seguida obter combinações híbridas entre linhagens para aproveitar o máximo do efeito dominante (Yi e Hou 2002).

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi selecionar linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e avaliar heterose das combinações híbridas F_1 's entre essas linhagens.

1.2. REFERENCIAL TEÓRICO

1.2.1. Origem, domesticação e classificação botânica da berinjela.

A Família Solanaceae abrange aproximadamente 96 gêneros e cerca de 2.300 espécies descritas (D' Arcy 1991, Hunziker 2001). Por outro lado, a partir de estudos moleculares esse número foi atualizado para 100 gêneros e aproximadamente 2500 espécies, dentre os quais se destaca o gênero *Solanum*

com cerca de 1.400 espécies. Este gênero está amplamente distribuído em todas as regiões do mundo, sendo que a maioria de suas espécies ocorre na América do Sul, principalmente ao longo da Cordilheira dos Andes e da costa do Pacífico (Hunziker 2001, Bohs 2005, Olmstead et al. 2008).

A berinjela (*S.melongena* L.) é uma das poucas espécies cultivadas de *Solanaceae*, originárias do Velho Mundo (Doganlar et al. 2002, Daunay 2008). Acredita-se que a Índia é o centro de origem primário devido às inúmeras referências escritas em sânscrito, bengali, hindi e outras línguas indianas. Enquanto que a Indo-Birmânia, China e Japão são os centros de origem secundários (Gleddie et al. 1986).

Esta espécie foi difundida a partir do século VII para o sudeste asiático, oriente médio e distribuída para o continente africano, mediterrâneo e outras partes da Europa durante o domínio árabe nesta região (Doganlar et al. 2002, Daunay 2008). Foi trazida para a América do Norte pelos primeiros colonos europeus (Magioli e Mansur 2005). No Brasil foi introduzida no século XVI pelos colonizadores portugueses e incluída à dieta brasileira por imigrantes árabes (Ribeiro et al. 1998).

1.2.2. Histórico e objetivos do melhoramento genético da berinjela no Brasil

Os estudos científicos com berinjela tiveram início no Brasil em 1937 no Instituto Agrônomo de Campinas-IAC com a introdução de sementes de alguns genótipos comerciais (Ribeiro et al. 1998). No entanto, Melo 2009 *apud* Boiteux et al. (2016) relata que formalmente os trabalhos de melhoramento genético com berinjela tiveram início no Brasil na década de 1940 no Instituto de Genética da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) sob a liderança do Professor Marcílio de Souza Dias, e se consolidaram na década de 1960 após estudos conduzidos na Estação Experimental de Hortaliças da mesma instituição em Mogi das Cruzes - SP sob o comando do Professor Hiroshi Ikuta e demais colaboradores.

Os trabalhos de melhoramento genético de berinjela realizados na ESALQ/USP possibilitaram a consolidação comercial do híbrido F-100 na década de 1970 (Boiteux et al. 2016). Os primeiros produtores de berinjela na década de 60 utilizavam predominantemente cultivares de polinização aberta (Ikuta 1969). A incorporação do híbrido F-100 na década de 1970 abriu espaço para a introdução

posterior de outros híbridos, como Super F-100, F-1000, Nápoli e Ciça, iniciando o domínio dos híbridos no mercado brasileiro e diminuindo nitidamente a amplitude de variação de preço desta olerícola no mercado brasileiro (Ikuta 1969, Antonini et al. 2002).

Ainda na década de 1970 surgiu o programa de melhoramento genético de berinjela do Instituto Agrônomo-IAC de Campinas, posteriormente, o da Embrapa Hortaliças - CNPH na década de 1980 (Boiteux et al. 2016). Em 1986 foi criado o banco ativo de germoplasma de berinjela da Embrapa Hortaliças - CNPH, que atualmente possui cerca de 280 acessos de diferentes regiões do Brasil e do mundo. No início da década de 1990 foi lançado o híbrido Ciça com resistência a dois patógenos de importância para o cultivo de berinjela: *Colletotrichum gloeosporioides* causador da antracnose e *Phomopsis vexans* agente causal da podridão-deformopis (Ribeiro e Reifschneider 1999).

Entre os objetivos do melhoramento de berinjela listados recentemente na literatura, estão a obtenção de resistência genética a pragas e doenças, melhoria da qualidade nutricional e nutracêutica dos frutos, resistência ou tolerância a estresses abióticos, obtenção de frutos partenocárpicos, alta produtividade e melhor qualidade dos frutos (Daunay et al. 2001, Sekara 2007, Daunay 2008, Kaushik et al. 2015, Boiteux et al. 2016).

Estudos com espécies silvestres do gênero *Solanum* (subgênero *Leptostemonum*) que contemplam as Solanáceas com espinho (Daunay 2008) são relatados na literatura e as espécies com caracteres de resistência e afinidade genética com *S. melongena* L. têm apresentado resultados promissores como porta enxertos (Boiteux et al. 2016). Por outro lado, cruzamentos intraespecíficos entre *S. melongena* L. e determinadas espécies silvestres relacionadas têm apresentado resultados limitados devido à incompatibilidade sexual entre elas (Rotino et al. 2014).

Porém o uso da biotecnologia no melhoramento de berinjela é facilitado devido ao alto potencial morfogenético pelos mecanismos de organogênese e embriogênese que *S. melogena* L. apresenta (Magioli e Mansur 2005). Bem como a facilidade da regeneração *in vitro* tem permitido as transformações genéticas via *Agrobacterium* com sucesso desde o final da década de 1980, com a incorporação de caracteres de interesse agrônomo via transgenia (Boiteux et al. 2016).

1.2.3. Divergência genética

Considera-se que qualquer programa de melhoramento tem como ponto de partida a variabilidade genética, sendo a caracterização e avaliação ferramentas indispensáveis aos trabalhos de melhoramento de plantas (Azevedo et al. 2015). Esses estudos auxiliam a identificação de possíveis duplicatas e fornecem parâmetros para escolha de genitores, que ao serem cruzados, possibilitam maior efeito heterótico na progênie, isto é, aumentam as chances de obtenção de genótipos superiores em gerações segregantes (Sudré et al. 2005).

Existem duas maneiras de inferir a diversidade genética, sendo a primeira de natureza quantitativa que avaliam tanto a capacidade específica de combinação quanto a heterose manifestada nos cruzamentos híbridos através de análises dialélicas e a segunda de natureza preditiva que tem por base as diferenças morfológicas, qualidade nutricional, fisiológicas ou moleculares, quantificadas em alguma medida de dissimilaridade que expresse o grau de diversidade genética entre os genitores através de análises de componentes principais, variáveis canônicas e pelos métodos aglomerativos de otimização e hierárquicos, que utilizam a distância Euclidiana ou a distância generalizada de Mahalanobis como medidas de dissimilaridade genética (Cruz et al. 2012, Cruz et al. 2014).

De posse das estimativas de distância entre cada par de genótipos, os dados são apresentados em uma matriz simétrica, a partir desta, a visualização e interpretação das distâncias pode ser facilitada pela utilização de um método de agrupamento e/ou dispersão gráfica que tem por finalidade separar um grupo original de observações em vários subgrupos, de forma a obter homogeneidade dentro e heterogeneidade entre os subgrupos (Bertan et al. 2006).

Entre os principais métodos de agrupamento hierárquicos estão o método do vizinho mais próximo, o método do vizinho mais distante, o método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*), o método do centróide, o método da mediana (ou WPGMC) e o método da variância mínima de Ward (Cruz et al. 2012). E entre os métodos aglomerativos de otimização estão o de Tocher e Tocher modificado (Cruz et al. 2014, Vasconcelos et al. 2007).

Por fim, pode-se adotar a análise de correlação cofenética de Sokal e Rohlf (1962) para aumentar a confiabilidade das conclusões frente à interpretação baseadas nos dendrogramas. Uma vez que essa estabelece uma correlação entre a

matriz de similaridade ou dissimilaridade com o dendrograma gerado, ou seja, compara as reais distâncias obtidas entre os acessos com as distâncias representadas graficamente (Kopp et al. 2007). Quanto maior for o valor da correlação, menor será a distorção provocada pelo agrupamento.

1.2.4. Tolerância a altas temperaturas

O estresse térmico é definido como o aumento da temperatura acima do valor crítico, por período de tempo suficiente para causar danos irreversíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo uma função complexa da intensidade, duração e taxa de aumento da temperatura (Peet e Willits 1998, Souza et al. 2011). É um dos principais fatores que limitam a produtividade e adaptação das culturas, principalmente se as temperaturas extremas coincidem com os estádios críticos do desenvolvimento da planta (Silva et al. 2000).

Segundo Souza et al. (2011) a temperatura base ou limite de tolerância pela planta varia entre as espécies, entre genótipos da mesma espécie e entre fases fenológicas do mesmo genótipo. Em batata (*Solanum tuberosum* L.), por exemplo, temperaturas médias diárias acima de 21°C são consideradas altas (Lyra 2015), isso ocorre quando as temperaturas estão entre 27°C durante o dia e 15°C durante a noite (Haverkort e Verhagen 2008). Estão relacionadas com a inibição da tuberização e redução da partição de fotoassimilados para os tubérculos (Aien et al. 2011), redução da produtividade e qualidade em razão de desordens fisiológicas, como rachaduras, “embonecamentos” e “coração-oco” (Rykaczewska 2015).

Em tomate (*Solanum lycopersicum* L.), temperaturas inferiores a 10°C ou superiores a 30°C reduzem o pegamento de frutos (Picken 1984), entre 27°C e 30°C durante o dia e 20°C durante a noite causam a queda de flores (Rudick et al. 1977, Rylski 1979) e estão relacionados com vários distúrbios ou alterações morfológicas e/ou fisiológicas incluindo queda da viabilidade e/ou produção de pólen (Rudick et al. 1977, El Ahmadi e Stevens 1979), maior alongamento do estilete (Abdalla e Verkerkm 1968, Levy et al. 1978) e abertura anormal da teca polínica (Rudick et al., 1977).

Em berinjela a temperatura ideal para o crescimento está dentro do intervalo de 22 a 30°C, enquanto a queda de temperatura para 17°C resulta na inibição do desenvolvimento da planta (Adamczewska-Sowińska et al. 2013). Segundo

Polverente et al. (2005), esta é uma das hortaliças mais exigentes em temperatura elevada, com alta sensibilidade ao frio e a geada, porém, durante a floração e a frutificação, tolera temperaturas mais amenas. Quando a temperatura é de 15°C, ou menor, o crescimento da planta é lento, sendo 23 a 26°C mais favorável. O abortamento da flor é favorecido pela redução natural da luz do dia e pela alta temperatura da noite (30°C) (Saito e Ito 1973). A produtividade é drasticamente reduzida quando a temperatura excede 32°C (Baswana et al. 2006)

No tomateiro, diversos aspectos fenotípicos associados com a tolerância a altas temperaturas parecem ser controlados por distintos mecanismos genéticos (Giordano et al. 2005). Em berinjela, o controle genético para tolerância a alta temperatura parece ser controlado por mais de dois genes, sendo de dominância incompleta, adequado ao modelo aditivo-dominante, em que os efeitos aditivos são mais importantes que os efeitos de dominância na tolerância a altas temperaturas (Yi e Hou 2002).

De acordo com Hartwig et al. (2007) a seleção para tolerância a altas temperaturas seria facilitada pela adoção de caracteres correlacionados, principalmente quando o objetivo for seleção indireta, por meio de um caráter de fácil mensuração ou de maior herdabilidade. Bem como, a compreensão e avaliação dos mecanismos de tolerância classificados em: i) características de tolerância: *staygreen*, termoestabilidade de membrana, proteínas de choque térmico, além da atividade antioxidante; ii) características de escape: depressão da temperatura do dossel (redução da temperatura de órgãos da planta) e precocidade (Wahid et al. 2007) utilizadas em complemento aos métodos tradicionais de seleção, constituem alternativas para aumentar o progresso dos programas de melhoramento genético de plantas (Souza et al. 2011).

Várias metodologias para avaliação do estresse devido a altas temperaturas em ambientes naturais ou controlados podem ser adotados, dentre os quais as mais utilizadas são: i) Termoestabilidade da membrana celular, ii) Fluorescência da clorofila, iii) Depressão da temperatura do dossel, iv) Teste do trifeniltetrazólio, v) Características morfológicas associadas com tolerância a altas temperaturas e vi) Proteínas e fatores de transcrição de choque térmico (Souza et al. 2011).

O emprego de ensaios em campo e/ou casa de vegetação ainda permanece como a metodologia de avaliação de tolerância a altas temperaturas mais adequada,

além de permitir a avaliação de outros caracteres físico-químicos dos frutos que podem ser influenciados por temperaturas elevadas, tais como firmeza, coloração e teor de sólidos solúveis (Giordano et al. 2005). Por outro lado, a seleção direta em condições de campo é geralmente difícil frente aos fatores incontrolláveis como precisão e repetibilidade de tais ensaios, dos quais destacamos: ocorrência de outros fatores bióticos ou abióticos, variação na intensidade e duração do estresse ao longo dos ciclos de seleção, variação na temperatura na mesma fase do desenvolvimento entre genótipos com diferentes ciclos e diferenças de sensibilidade ao estresse térmico em diferentes fases do desenvolvimento (Souza et al. 2011).

Apesar desses inconvenientes, a seleção de genótipos tolerantes ao calor pode ser realizada com sucesso em campo e/ou casa de vegetação, baseada em caracteres morfológicos (Souza et al. 2011).

1.2.5. Obtenção e avaliação de linhagens e híbridos F₁

Os híbridos F₁ de berinjela são obtidos empregando-se linhagens macho-estéreis ou pela emasculação e polinização manual (George 2009). Em muitos países utilizam-se a emasculação e polinização manual apesar de linhagens macho-estéreis já terem sido desenvolvidas (Nascimento e Freitas 2014). Fatores como o maior tamanho dos botões florais, abundância e facilidade na coleta de pólen, grande número de flores com amplo período de florescimento e elevado número de sementes por fruto contribuem para a maior eficiência dos cruzamentos artificiais na produção de sementes híbridas de berinjela (Nascimento e Freitas 2014, Boiteux et al. 2016).

Nessa fase, a obtenção de linhagens e o seu comportamento em combinações híbridas, bem como o potencial “*per se*” é um dos objetivos básicos, devido ao seu emprego na formação dos híbridos F₁ (Lemos et al. 2002). Nesse contexto, os cruzamentos dialélicos mostram-se bastante eficientes, por avaliar as populações e as respectivas combinações híbridas (Ramalho et al. 1993).

Segundo Cruz et al. (2012) entre as metodologias de análise dialélica mais comumente utilizadas estão as de Hayman (1954), Griffing (1956) e Gardner e Eberhart (1966), estas têm por finalidade analisar o delineamento genético, provendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de genitores para hibridação e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres.

O conhecimento dos componentes da capacidade combinatória é de fundamental importância na seleção das linhagens geneticamente divergentes envolvidas em esquemas de cruzamento, sobretudo quando se deseja identificar híbridos promissores e/ou, a partir deles, desenvolver linhagens superiores (Allard 1971). Pode ser definida como o desempenho de uma linhagem em combinação com outras linhagens (Sprague e Tatum 1942).

Segundo Griffing (1956), a capacidade combinatória é diferenciada de acordo com o modo de ação gênica envolvida, sendo que a capacidade geral de combinação (CGC) está associada a genes de efeitos principalmente aditivos, além de partes dominantes e epistáticas, porém, quando o efeito dos locos é apenas aditivo, a variância genética total é a soma das variâncias genotípicas separadas para cada loco. Por outro lado, a capacidade específica de combinação (CEC) depende basicamente dos alelos com efeitos não aditivos (dominância e/ou epistasia).

A CGC, capacidade geral de combinação, refere-se ao comportamento médio de um genitor em cruzamento com os demais (Miranda Filho e Gorgulho 2001). Enquanto a CEC, capacidade específica de combinação, representa certas combinações híbridas que são relativamente superiores ou inferiores diante do que seria esperado com base na CGC (Cruz e Vencovsky 1989).

A capacidade específica de combinação é interpretada como um efeito na expressão do híbrido que é adicional aos efeitos de CGC dos pais, podendo ser positivo ou negativo, ou seja, a CEC resulta da interação dos efeitos de CGC dos pais e pode melhorar ou piorar a expressão do híbrido em relação ao efeito esperado com base somente na CGC (Miranda Filho e Gorgulho 2001).

Neste aspecto, existem duas vertentes a serem adotadas de acordo com os objetivos dos programas de melhoramento: se o objetivo for a exploração de híbridos e seleção de genótipos superiores, os genitores com mais altos valores de CGC são os recomendados. Por outro lado, quando o objetivo é exploração de híbridos, a CEC passa a ter um importante valor, juntamente com CGC de um dos pais. Assim, é possível, por meio da análise dialélica, estimar a heterose existente nos híbridos que normalmente está associada à diferença de frequências alélicas entre os genitores, atribuída possivelmente a efeitos de dominância e/ou epistasia dos caracteres (Cruz e Vencovsky 1989, Hallauer et al. 2010).

1.2.6. Referências

- Abdalla AA and Verkerk K (1968) Growth, flowering and fruit set of the tomato at high temperature. **Netherlands Journal of Agricultural Science** **16**: 71-76.
- Adamczewska-Sowińska K and Krygier M (2013) Yield Quantity and Quality of field cultivated eggplant in relation to its cultivar and the degree of fruit maturity. **Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus** **12**: 13-23.
- Aien A, Khetarpal S and Pal M (2011) Photosynthetic characteristics of potato cultivars grown under high temperature. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science** **11**: 633-639.
- Allard RW (1971) **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Edgard Blucher, São Paulo, 381p.
- Antonini ACC, Robles WGR, Tessarioli Neto J, Kluge RA (2002) Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira** **20**: 646-648.
- Azevedo AM, Andrade Júnior VC, Figueiredo JA, Pedrosa CE, Viana DJS, Lemos VT, Neiva IP (2015) Divergência genética e importância de caracteres em genótipos de batata-doce visando a produção de silagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** **10**: 479-484.
- Baswana KS, Dahiya MS, Kalloo NK, Sharma BS, Dhankhar BS and Dudi BS (2006) Brinjal HLB-25: A high temperature tolerant variety. **Haryana Journal of Horticultural Sciences** **35**: 318-319.
- Bertan I, Carvalho FIF, Oliveira AC, Vieira EA, Hartwig I, Silva JAG, Shimidt DAM, Valério IP, Busato CC and Ribeiro G (2006) Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência** **12**: 279-286.
- Bohs L (2005) Major clades in *Solanum* based on *ndhF* sequences. In Keating RC, Hollowell VC and Croat TB (eds) **A festschrift for William G. D'Arcy: the legacy of a taxonomist** (Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 104). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, p. 27- 49.
- Boiteux LS, Mendonça LJ, Fonseca MEN, Reis A, Vilela NJ, González-Arcos M and Nascimento MN (2016) Melhoramento de berinjela. In Nick C and Borém A (eds) **Melhoramento de Hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, p.15-192.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4th edn, Editora UFV, Viçosa, 514 p.

Cruz CD, Carneiro PCS and Regazzi AJ (2014) **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3th edn, Editora UFV, Viçosa, 688 p.

Cruz CD and Vencovsky R (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética** **12**:425-38.

Daunay MC (2008) Eggplant. In Prohens J, Nuez F (eds) **Handbook of Crop Breeding, Vegetables II**. Springer, New York, p. 163-220.

Daunay MC, Lester RN, Gebhardt C, Hennart JW, Jahn M, Frary A, Doganlar S (2001) Genetic resources of eggplant (*Solanum melongena* L.) and allied species: a new challenge for molecular geneticists and eggplant. In Van Den Berg RG, Barendse GWM, Van Der Weerden GM and Mariani C (eds) **Solanaceae V: Advances in Taxonomy and Utilization**. Nijmegen University, Nijmegen, p. 251-274.

Doganlar S, Frary A, Daunay MC, Lester RN and Tanksley SD (2002) Conservation of gene function in the Solanaceae as revealed by comparative mapping of domestication traits in eggplant. **Genetics** **161**: 1713–1726.

El Ahmadi AB and Stevens MA (1979) Reproductive responses of heat-tolerant tomatoes to high temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science** **104**: 686-691.

Gardner CO and Eberhart SA (1966) Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics** **22**: 439-452.

George RAT (2009) **Vegetable seed production**. 3th edn, CABI Publishing, London, 320p.

Giordano LB, Boiteux LS, Silva JBC and Carrijo AO (2005) Seleção de linhagens com tolerância ao calor em germoplasma de tomateiro coletado na região Norte do Brasil. **Horticultura Brasileira** **23**: 105-107.

Gleddie S, Keller W and Setterfield G (1986) Somatic embryogenesis and plant regeneration from cell suspension derived protoplasts of *Solanum melongena* (eggplant). **Canadian Journal of Botany** **64**: 355-361.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences** **9**: 463-493.
- Hallauer AR, Miranda Filho JB and Carena MJ (2010) Heterosis. In Hallauer A R, Miranda Filho JB and Carena MJ (eds) **Quantitative genetics in maize breeding**. Springer, New York, p. 477-459.
- Hartwig I, Carvalho FIF, Oliveira AC, Vieira EA, Solva AG, Bertan I, Ribeiro G, Finatto T, Reis CES and Busato CC (2007) Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia** **66**: 203-218.
- Haverkort AJ and Verhagen A (2008) Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research** **51**: 223-237.
- Hayman BI (1954) The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics, Bethesda** **39**: 789- 809.
- Hunziker AT (2001) **Genera Solanacearum. The genera of Solanaceae illustrated, arranged according to a new system**. A.R.G.Gantner Verlag, Ruggell, 500p.
- Ikuta H (1969) Melhoramento e Genética da Berinjela. In Kerr WE (ed) **Melhoramento e Genética**. Melhoramentos, São Paulo, p.161-168.
- Kaushik P, Andújar I, Vilanova S, Plazas M, Gramazio P, Herraiz FJ, Brar NS and Prohens J (2015) Breeding vegetables with increased content in bioactive phenolic acids. **Molecules** **20**: 18464-18481.
- Kopp MM, Souza VQ, Coimbra JLM, Luz VK, Marini N and Oliveira AC (2007) Melhoria da correlação cofenética pela exclusão de unidades experimentais na construção de dendrogramas. **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia** **14**: 46-53.
- Lemos MA, Gama EEG, Menezes D, Santos VF and Tabosa JN (2002) Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superdoce em um dialelo completo. **Horticultura Brasileira** **20**: 167-170.
- Levy A, Rabinowitch HD and Kedar N (1978) Morphological and physiological characters affecting flower drop and fruit set of tomatoes at high temperatures. **Euphytica** **27**: 211- 218.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

- Lyra DH, Ribeiro GHMR, Figueiredo ICR, Guedes ML, Carneiro OLG, Pinto CABP and Pereira AS (2015) Início da tuberização, duração do ciclo vegetativo e tolerância ao calor em genótipos de batata. **Pesquisa agropecuária brasileira Brasília 50**: 582-592.
- Lyra DH, Ribeiro GHMR, Figueiredo ICR de, Guedes ML, Carneiro OLG, Pinto CABP and Pereira AS (2015) Início da tuberização, duração do ciclo vegetativo e tolerância ao calor em genótipos de batata. **Pesquisa agropecuária brasileira 50**: 582-592.
- Magioli C and Mansur E (2005) Eggplant (*Solanum melongena* L.): tissue culture, genetic transformation and use as an alternative model plant. **Acta Botanica Brasilica 19**: 139-148.
- Miranda Filho JB and Gorgulho EP (2001) Cruzamentos com testadores e dialelos. In Nass LL, Valois ACC, Melo IS and Valadares MC (eds) **Recursos genéticos e melhoramento – plantas**. Fundação MT, Rondonópolis, p.650-671.
- Nascimento WM and Freitas RA (2014) Produção de sementes de berinjela. In: Nascimento WM (ed.) **Produção de sementes de hortaliças**. Volume II, Embrapa, Brasília, p. 53-74.
- Olmstead RG, Bohs L, Migid HA, Santiago-Valentin E, Garcia VF and Collier SM (2008) A molecular phylogeny of the Solanaceae. **Taxon 57**: 1159-1181.
- Peet MM. and Willits DH (1998) The effect of night temperature on greenhouse grown tomato yields in warm climate. **Agric Forest Meteorol 92**: 191-202.
- Petrov HR, Doikova M and Popova D (1981) Studies on the quality of eggplant seed. **Acta Horticulturae 111**: 273-280.
- Picken AJF (1984) A review of pollination and fruit set in the tomato. **Journal of Horticultural Science 59**: 1-13.
- Polverente MR, Fontes DC and Cardoso All (2005) Produção e qualidade de sementes de berinjela em função do horário de polinização manual. **Bragantia 64**: 467- 472.
- Ramalho MAP, Santos JB and Zimmermann MJO (1993) **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Editora da UFG, Goiânia, 271p.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

Ribeiro CSC and Reifschneider FJB (1999) Avaliação do híbrido de berinjela 'Ciça' por produtores e técnicos. **Horticultura Brasileira** **17**: 49-50.

Ribeiro CSC, Brune S and Reifschneider FJB (1998) **Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L)**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 23p. (Instruções Técnicas, 15).

Rotino GL, Sala T and Toppino L (2014) Eggplant. In Pratap A and Kumar J (eds) **Alien gene transfer in crop plants 2**. Springer, New York , p. 381-409.

Rudick J, Zamski E and Regev Y (1977) Genotypic variation for sensitivity to high temperature in the tomato: pollination and fruit set. **Botanical Gazette** **138**: 448-452.

Rykaczewska K (2015) The effect of high temperature occurring in subsequent stages of plant development on potato yield and tuber physiological defects. **American Journal of Potato Research** **92**: 339-349.

Rylski I (1979) Fruit set and development of seeded and seedless tomato fruits under diverse regimes of temperature and pollination. **Journal of the American Society for Horticultural Science** **36**: 195-205.

Saito T and Ito H (1973) Studies on the Flowering and Fruiting in Egg-plant VIII. Effects of Early Environmental Conditions and Cultural Treatments on the Development and the Drop of Flowers. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science** **42**: 155 - 162.

Sekara A, Cebul S and Kunicki E (2007) Cultivated eggplants – origin, breeding objectives and genetic resources, a review. **Horticulturae** **19**: 97-114.

Silva ACTF, Leite IC and Braz LT (2000) Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** **12**: 156-165.

Sokal RR and Rohlf FJ (1962) The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon** **11**: 30-40.

Souza MA, Pimentel AJB and Ribeiro G (2011) Melhoramento para tolerância ao calor. In Fritsche-Neto R and Borém A (eds) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Editora UFV, Viçosa, p.199-226.

Sprague GF and Tatum LA (1942) General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy** **34**: 923-932.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

Sudré CP, Rodrigues R, Riva EM, Karasawa M and Amaral Júnior AT (2005) Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira** **23**: 22-27.

Stehmann JR and Mentz LA (2006) Riqueza e endemismo de Solanaceae na Região Sul do Brasil. In Mariath JEA and Santos RP (eds) Os avanços da Botânica no início do século XXI: Morfologia, Fisiologia, Taxonomia, Ecologia e Genética. Sociedade Botânica do Brasil, Porto Alegre, p. 190-193.

Wahid A, Gelani S, Ashraf M and Foolad MR (2007) Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany** **61**: 199-223.

Weber LC, Amaral-Lopes AC, Boiteux LS and Nascimento WM (2013) Produção e qualidade de sementes híbridas de berinjela em função do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira** **31**: 461-466.

Yi Jinxin and Hou Xilin (2002) Inheritance of High Temperature Tolerance in Eggplant (*Solanum melongena* L.) **Acta Horticulturae Sinica** **29**: 529-532.

CAPÍTULO II

DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS

2. DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS

2.1. Resumo

O objetivo deste trabalho foi quantificar a divergência genética entre genótipos de berinjela para caracteres agronômicos, sob altas temperaturas em cultivo hidropônico. Foram analisados dez caracteres recomendados pelo IBPGR (1988) em 24 genótipos dispostos em quatro blocos ao acaso. Os dados foram submetidos à análise de variância ($P < 0,01$). Em seguida foram adotados os métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA utilizando-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) como medida de dissimilaridade. Obtiveram-se três e seis grupos de similaridade, respectivamente, para as técnicas multivariadas utilizadas, havendo concordância parcial entre os métodos UPGMA e de Tocher. Os caracteres comprimento do fruto (34,71%), largura do fruto (35,96%), e a relação comprimento/largura do fruto (14,08%) foram os caracteres que mais contribuíram para a divergência entre os 24 genótipos de berinjela avaliados, explicando 90,72% da dissimilaridade total. As técnicas multivariadas utilizadas foram parcialmente concordantes entre si, o que permitiu a visualização da variabilidade genética entre os 24 genótipos estudados para todos os caracteres analisados em menor ou maior proporção. Desse modo, os cruzamentos entre os grupos mais divergentes são indicados para a formação de populações com maior variabilidade genética.

Palavras Chave: *Solanum melongena* L.; variabilidade genética; cultivo protegido.

2.2. Abstract

Genetic divergence between eggplant genotypes under high temperatures

The aim of this work was to quantify the genetic divergence between eggplant genotype, for agronomic characters, under high temperatures in hydroponic cultivation. Ten characters recommended by IBPGR (1988) were analyzed in 24 genotypes arranged in four random blocks. Data were submitted to variance analysis ($p < 0.01$). Following that Tocher's clustering method and UPGMA were adopted using the generalized Mahalanobis distance (D^2) as measure of dissimilarity. It was attained three and six groups of similarity, respectively, for multivariate techniques applied, with partial agreement between UPGMA and Tocher's method. The characters fruit length (34.71%), fruit width (35.96%), and the fruit length/width ratio

(14.08%) were the characters that contributed the most for divergency between the 24 genotypes of eggplant evaluated, explaining 90.72% of the total dissimilarity. Multivariate techniques used were partially agreeing with each other, which allowed the visualization of gene variability between the 24 genotypes studied for all characters analyzed in lesser or greater extent. With this, breeding between more divergent groups are indicated for creating populations with greater genetic variability.

Key-words: *Solanum melongena* L., genetic variability, protected cultivation.

2.3. Introdução

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma das poucas espécies cultivadas de Solanaceae que são originárias do Velho Mundo (Doganlar et al. 2002, Daunay 2008). No Brasil foi introduzida pelos portugueses no século XVI e incluída na culinária brasileira através dos imigrantes árabes, grandes apreciadores desta hortaliça (Ribeiro et al. 1998).

A procura por produtos mais saudáveis e com propriedades medicinais tem favorecido o aumento do consumo de berinjela no Brasil (Antonini et al. 2002). Neste aspecto, a berinjela é umas das plantas ditas, popularmente, possuir compostos que estimulam a redução do colesterol (Gonçalves 2006), além de uma boa fonte de sais minerais e vitaminas (Ribeiro et al. 1998).

Os frutos apresentam uma grande diversidade de cores, normalmente brilhantes e diferentes formatos, o que favorece além do cultivo como hortaliça, o cultivo como planta ornamental (Nascimento e Freitas 2014). Entretanto, a preferência dos consumidores brasileiros é por frutos de formato mais alongado, de coloração roxo-escura e brilhante além de existir demanda por frutos de diferentes formatos, tamanho e coloração (Ribeiro et al. 1998).

Estudos sobre a divergência genética entre indivíduos ou populações nas espécies vegetais têm sido de grande importância em programas de melhoramento envolvendo hibridações, por fornecerem parâmetros para a identificação de genitores que possibilitam maior efeito heterótico na progênie e maior probabilidade de obter genótipos superiores em gerações segregantes (Vidigal et al. 1997).

Vários métodos podem ser utilizados para inferir a diversidade genética, dentre eles estão: os de natureza quantitativa que incluem as análises dialélicas,

que avaliam tanto a capacidade específica quanto a heterose manifestada nos híbridos e os de natureza preditiva, que tomam por base as diferenças morfológicas, fisiológicas ou moleculares, quantificando-as em alguma medida de dissimilaridade que expresse o grau de diversidade genética entre genitores (Cruz et al. 2012, Cruz et al. 2014).

Dentre os procedimentos preditivos, como medidas de dissimilaridade genética, estão a distância Euclidiana, distância Euclidiana média, quadrado da distância Euclidiana média, distância ponderada, distância generalizada de Mahalanobis (D^2), análise de componentes principais, correlação canônica e os métodos aglomerativos de otimização e hierárquicos, que utilizam a distância euclidiana ou a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) (Cruz et al. 2012, Cruz et al. 2014).

Entre os principais métodos de agrupamento hierárquicos estão o método do vizinho mais próximo, o método do vizinho mais distante, o método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*), o método do centróide, o método da mediana (ou WPGMC) e o método da variância mínima de Ward (Cruz et al. 2012), e entre os métodos aglomerativos de otimização estão o de Tocher e Tocher modificado (Vasconcelos et al. 2007, Cruz et al. 2014).

Segundo Cruz e Carneiro (2003) a análise de agrupamento procura discriminar geneticamente os indivíduos, e permite separá-los em grupos pela análise de um conjunto de caracteres inerentes a cada indivíduo, agrupando-os por algum critério de classificação, de forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre eles. E envolvem, basicamente, duas etapas, a primeira refere-se à estimação de uma medida de similaridade ou dissimilaridade, e a segunda refere-se à adoção de uma técnica de agrupamento para a formação de grupos (Cruz et al. 2012).

Por fim, pode-se adotar a análise de correlação cofenética de Sokal e Rohlf (1962) para aumentar a confiabilidade das conclusões frente à interpretação baseadas nos dendrogramas, uma vez que essa estabelece uma correlação entre a matriz de similaridade ou dissimilaridade com o dendrograma gerado, ou seja, compara as reais distâncias obtidas entre os acessos com as distâncias representadas graficamente (Kopp et al. 2007). Quanto maior for o valor da correlação, menor será a distorção provocada pelo agrupamento.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo quantificar a divergência genética entre 24 genótipos de berinjela para caracteres agrônômicos, sob altas temperaturas em cultivo hidropônico.

2.4. Material e métodos

O experimento foi conduzido entre os meses de maio e setembro de 2016 em hidroponia aberta com substrato pó de coco, sob casa de vegetação do tipo arco, com 30m de comprimento, 14m de largura, pé direito de 3m, com telas de proteção lateral com 50% de sombreamento e teto coberto com filme de polietileno de baixa densidade com 150 micrometros de espessura, localizada no Departamento de Agronomia, Área de Fitotecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE.

Os dados micrometeorológicos internos foram registrados por um mini datalogger modelo HOBO (Figura 1). As condições do ambiente em que o experimento foi realizado é caracterizado por altas temperaturas. A temperatura relativa do ar variou na faixa de 19 a 43 °C e a umidade do ar entre 84 e 95%. A temperatura ideal para o cultivo de berinjela se encontra entre 22 e 32°C e UR% de 80% (Ribeiro et al. 1998, Baswana et al. 2006).

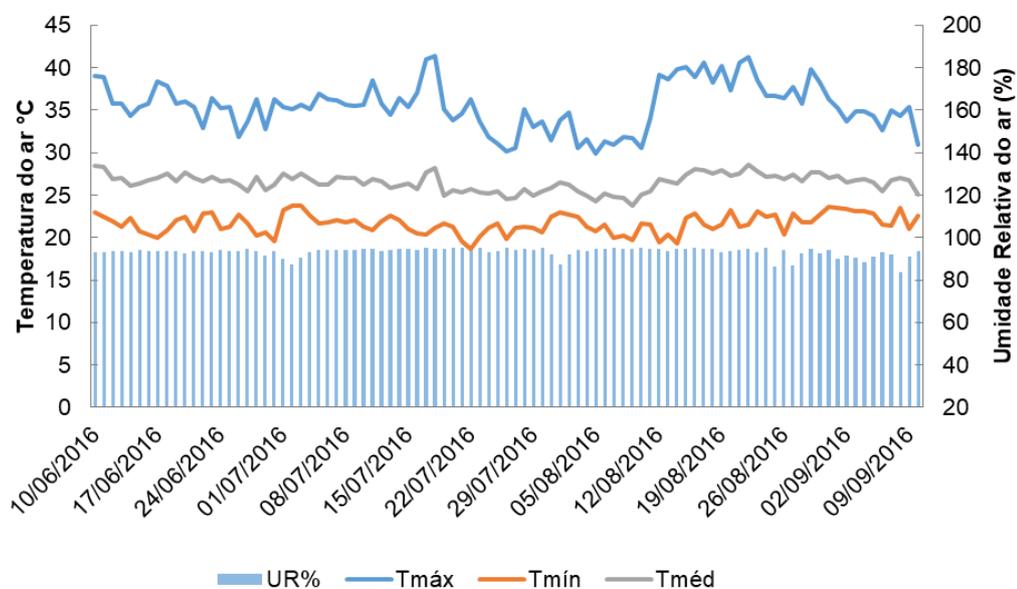


Figura 1. Temperatura relativa do ar (máxima, mínima e média) na casa de vegetação, entre os meses de junho e setembro de 2016.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 24 tratamentos, quatro repetições e quatro plantas por parcela experimental (Tabela 1).

Tabela 1. Genótipos de berinjela com suas respectivas identificações e procedências avaliados sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.

GENÓTIPOS	CULTIVAR	PROCEDÊNCIA
CNPH 47	Santa Genebra	Agroflora
CNPH 51	Long Purple	Agroceres (BG3570)
CNPH 53	Black Beauty	Agroceres (BG3574)
CNPH 60	Meio comprida campineira	Piracicaba – Esalq
CNPH 67	P18	INRA
CNPH 71	A34	University of the Philippines at Los Banos
CNPH 79	A239	University of the Philippines at Los Banos
CNPH 84	A245	University of the Philippines at Los Banos
CNPH 93	A271	University of the Philippines at los Banos
CNPH 100	A277	University of the Philippines at los Banos
CNPH 107	Dnestrovec WIR 768	Rússia – Vavilov Institute
CNPH 109	Universal 6 WIR 929	Rússia – Vavilov Institute
CNPH 135	Sol 809/81 “Tse Shoel”	ex-RDAlema (China)
CNPH 140	Sol 822/82	ex-RDAlema (Turquia)
CNPH 141	Sol 823/82 “Weisse”	ex-RDAlema (Hungria)
CNPH 410	410-Ceylon	INRA, França
CNPH 668	M Gota	Índia
CNPH 146	Sol 836/82 “Fruhviolette”	ex-RDAlema
Híbrido F ₁	Kokushi Onaga	
Híbrido F ₁	Ajimurasaki	
Híbrido F ₁	Ajishirakawa	
Híbrido F ₁	Choryoku	
Híbrido F ₁	CIÇA”	
Polinização aberta	Florida Market	

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido com 128 células preenchidas com substrato pó de coco peneirado e mantidas em casa de vegetação em um sistema hidropônico por subirrigação até atingirem o ponto de transplante. As mudas foram transplantadas individualmente para vasos com capacidade de 5L contendo como substrato inerte o pó de coco, espaçados em 1,75m entre fileiras e 0,60m entre plantas.

A nutrição mineral e a necessidade hídrica das plantas foram supridas por meio de solução nutritiva balanceada em cada etapa do desenvolvimento da planta por um sistema de irrigação por gotejamento com um emissor de 2L h⁻¹ controlado automaticamente por um timer digital DNI6610 - DNI Key West e ajustado de acordo com as condições climáticas e absorção de solução nutritiva pelas plantas.

Foram analisados os caracteres: comprimento do fruto (cm), largura do fruto (cm), relação comprimento/largura do fruto, número de frutos por planta, produção por planta (g), massa do fruto (g), cor do fruto na maturação comercial, distribuição da cor do fruto na maturação comercial, curvatura do fruto e a presença de espinhos no cálice do fruto (*International Board for Plant Genetic Resources - IBPGR 1988*).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p < 0,01$). Com as médias e a matriz de variâncias e covariâncias residuais, calculou-se a distância generalizada Mahalanobis (D^2). Com a matriz de dissimilaridade genética, foi realizado o agrupamento pelo método de otimização de Tocher (Rao 1952) e agrupamento pelo algoritmo de classificação hierárquica ascendente UPGMA (*Unweighted Pair Grouped Method Average*).

Foi realizado também o estudo da importância relativa das características na predição da diversidade genética, por meio da participação dos componentes de D^2 , relativos a cada caráter no total da dissimilaridade observada, estimando-se, para tanto, a diversidade entre os genótipos também pela distância de Mahalanobis (Singh 1981).

Para testar a eficiência do método de agrupamento hierárquico, estimou-se o coeficiente de correlação cofenética, obtido com 1.000 simulações, analisado pelo teste "t". O ponto de corte (P_c) do dendrograma formado pelo método de UPGMA foi definido conforme o proposto por Mojema (1977), seguindo-se a fórmula $P_c = m + kdp$, sendo m = a média dos valores de distância dos níveis de fusão correspondentes aos estádios; $k = 1,25$ (Milligan e Cooper, 1985); dp = desvio padrão.

As análises dos dados foram processadas utilizando o programa GENES (Cruz 2013).

2.5. Resultados e discussão

Verificou-se a existência de diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,01$) entre os genótipos para todos os caracteres analisados (Tabela 2). Esse resultado constata a existência de variabilidade fenotípica entre os genótipos e destaca a necessidade do uso de técnicas de agrupamento tais como, Tocher e UPGMA para a discriminação dos genótipos mais divergentes, com base na distância generalizada de Mahalanobis (D^2).

Tabela 2. Quadrado médio de tratamento e médias de seis caracteres agrônômicos avaliados em 24 genótipos de berinjela sob casa de vegetação em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.

GENÓTIPOS	CF (cm)	LF (cm)	RCL	NFP	PP (g)	MF (g)
CNPH 135	12,96	8,56	1,52	1,89	470,03	248,16
CNPH 60	13,51	6,77	2,00	2,14	301,03	139,12
CNHP 51	18,09	5,00	3,67	1,57	203,20	127,49
CNPH 410	15,29	5,48	2,80	1,39	149,72	105,68
CNPH 84	17,70	3,64	4,91	3,56	283,50	77,69
CNPH 71	16,01	4,09	3,94	1,85	161,08	89,06
CNPH 668	6,89	4,67	1,48	4,08	209,79	51,47
CNPH 146	12,63	5,85	2,17	2,35	249,95	108,66
CNPH 140	13,42	5,27	2,83	2,09	191,20	91,53
CNPH 93	13,82	4,61	2,99	1,97	173,23	77,35
CNPH 47	14,15	7,68	1,85	1,26	242,36	174,82
CNPH 141	11,56	5,86	1,97	3,83	383,69	98,41
CNPH 67	13,06	6,38	2,05	3,00	341,20	111,23
CNPH 107	15,56	5,58	2,80	2,24	317,69	140,49
CNPH 53	11,90	7,77	1,55	1,00	151,28	167,53
CNPH 109	14,47	6,18	2,34	1,72	225,65	134,09
CNPH 79	13,16	5,33	2,60	2,00	101,41	47,84
CIÇA F1	16,59	6,21	2,68	1,42	242,56	168,41
CNPH 100	17,35	4,56	3,91	1,16	110,99	113,39
Flórida Market	14,26	7,50	1,91	1,39	257,40	187,18
Ajishirakawa F ₁	23,65	3,21	7,41	1,30	130,94	101,27
Choryoku F ₁	30,02	3,99	7,51	1,13	154,54	138,04
Kokushi Onaga F ₁	27,95	4,42	6,39	1,67	223,60	142,96
Ajimurasaki F ₁	28,36	2,84	9,97	4,13	316,13	77,68
CV (%)	7,58	6,50	10,86	28,78	32,29	24,60
QM (tratamento)	128,83**	8,83**	19,82**	3,65**	32586,12**	8472,63**
Média	16,35	5,48	3,47	2,08	233,01	121,65

CF=Comprimento do fruto; LF=Largura do fruto; RCLF=Relação comprimento/largura do fruto; NFP=Número de frutos por planta; PP=Produção de frutos por planta; MF=Massa do fruto.

**significativo a 1% de probabilidade pelo teste F

A importância relativa dos caracteres analisados na dissimilaridade genética entre os genótipos foi contatada pelo método de Singh (1981). Esse método considera que as características de maior importância expressam maior variabilidade, neste aspecto, constatou-se, que o comprimento de fruto, largura de fruto e a relação comprimento/largura do fruto apresentaram maior porcentagem de contribuição para divergência entre os 24 genótipos de berinjela avaliados, explicando 90,72% da dissimilaridade genética total (Tabela 3).

Tabela 3. Contribuição relativa de seis caracteres quantitativos para a divergência genética entre 24 genótipos de berinjela, utilizando o método de Singh avaliados em 24 genótipos de berinjela sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.

Caracteres	Contribuição relativa (%)
Comprimento de Fruto (cm)	40,71
Largura do fruto (cm)	35,96
Relação Comprimento/Largura do fruto	14,08
Número de frutos por planta	5,56
Produção de frutos por planta (g)	2,88
Massa do fruto (g)	0,81
Total	100

O resultado obtido pelo método de Singh (1981) contata que os agrupamentos dos genótipos foram predominantemente influenciados pelo comprimento do fruto, largura do fruto e a relação comprimento/largura do fruto, o que permite concluir que os genótipos diferiram mais uns dos outros para esses caracteres, do que para os caracteres número de frutos por planta, produção de frutos por planta e massa do fruto, que foram bastante similares entre os genótipos, por apresentarem menor variabilidade genética (Tabela 3).

O grande interesse na avaliação da importância relativa dos caracteres reside na possibilidade de descartar caracteres que pouco contribuem para a discriminação dos genótipos, reduzindo mão-de-obra, tempo e custo despendidos na experimentação (Alves et al. 2003, Correa e Gonçalves 2012). No entanto, por meio do método de Singh (1981), verifica-se que todos os caracteres analisados contribuíram para a determinação da divergência genética entre os genótipos em menor ou maior proporção. Assim, a discussão da formação dos grupos teve como base os três caracteres que explicaram a divergência genética (Tabela 3).

As médias de dissimilaridade genética entre cada par de genótipos obtido pela distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e utilizadas para a obtenção do dendrograma pelo método hierárquico UPGMA, permitiram a formação de três grupos de similaridade, considerando um corte significativo de 44,32% (Mojena, 1977) (Figura 2).

As dissimilaridades (D^2) entre os genótipos variaram de 1,07 a 728,53, com média de 133,47. As maiores distâncias foram registradas entre os genótipos CNPH 135 e Ajishirakawa F₁. Por outro lado, os genótipos CNPH 47 e Flórida Market foram os menos distantes geneticamente (Figura 2).

O grupo 1 foi composto por 20 genótipos, aproximadamente 84% dos genótipos analisados, e incluiu Ciça F₁ e Flórida Market (Figura 2). O comprimento do fruto dentro do grupo 1 apresentou média de 14,11 cm e variou de 6,89 (CNPH 668) a 18,09 cm (CNPH 51). Enquanto que para a largura do fruto a média foi de 5,84 cm, com valores se concentrando entre 3,64 (CNPH 84) e 8,55 cm (CNPH 135). A relação comprimento/largura do fruto ficou entre 1,48 (CNPH 668) e 4,91 (CNPH 84) com média de 2,59 (Tabela 2). Esta distribuição indica que em relação aos caracteres avaliados, a maioria dos genótipos apresentou níveis elevados de similaridade.

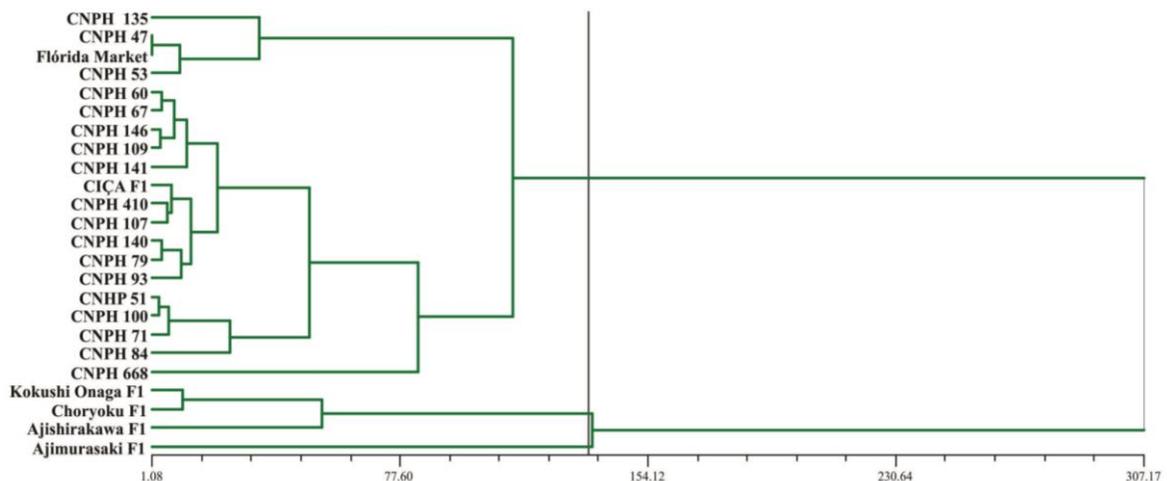


Figura 2. Dendrograma obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis (D^2) resultante da análise de 24 genótipos de berinjela avaliados sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.

Segundo Guedes et al. (2013) os indivíduos são agrupados aos pares, utilizando-se médias aritméticas da dissimilaridade, sendo que o dendrograma prioriza os genótipos com maior similaridade. O que explica que os genótipos Kokushi Onaga F₁, Ajishirakawa F₁ e Choryoku F₁ tenham formado o grupo 2 e o genótipo Ajmurasaki F₁ isoladamente o grupo 3, composto por frutos de comprimento superior a 23,64 cm, largura do fruto inferior a 4,41 cm e a relação comprimento/largura do fruto superior a 6,38 .

As médias para o comprimento do fruto no grupo 2 se concentraram entre 23,65 (Ajishirakawa F₁) e 30,01 cm (Choryoku F₁), e para a largura do fruto entre 3,20 (Ajishirakawa F₁) a 4,41 cm (Kokushi Onaga F₁). Já para a relação comprimento/largura do fruto a variação foi de 1,48 (CNPH 668) a 4,91 (CNPH 84) (Tabela 2). O grupo 3 incluiu apenas o genótipo Ajmurasaki F₁ com o segundo maior comprimento de fruto (28,35 cm) , menor valor para o caráter largura de fruto (2,83 cm) e maior valor para o relação comprimento/largura do fruto (9,96) (Tabela 2).

O agrupamento dos genótipos pelo método UPGMA se apresentou parcialmente similar ao método de Tocher quando da formação de grupos entre os genótipos mais divergentes (Tabela 4). A semelhança entre as diferentes técnicas de agrupamento pode ser constatada pelo fato dos genótipos pertencentes aos grupos 1, de Tocher, terem sido na maior parte os mesmos do agrupamento UPGMA, em torno de 71% dos genótipos, entre eles, Ciça F₁ e Flórida Market.

Tabela 4. Agrupamento pelo método de Tocher, utilizando a distância de Mahalanobis (D²) resultante da análise de 24 genótipos de berinjela avaliados sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.

GRUPOS	GENÓTIPOS
1	CNPH 47, Flórida Market, CNPH 53, CNPH 60, CNPH 67, CNPH 109, CNPH 146, CNPH 141, Ciça F ₁ , CNPH 140, CNPH 107, CNPH 79, CNPH 410, CNPH 93, CNPH 51, CNPH 100, CNPH 71
2	Ajishirakawa F ₁ , Choryoku F ₁ , Kokushi Onaga F ₁
3	CNPH 84
4	Ajimurasaki F ₁
5	CNPH 668
6	CNPH 135

A associação de métodos de agrupamento fornece um suporte mais eficiente para a determinação da divergência, pois o Tocher discrimina cada grupo e o

UPGMA discrimina cada genótipo, podendo inferir com maior segurança no emprego de genitores em programas de melhoramento (Bertan et al., 2006).

Houve concordância na formação do grupo 2 que incluiu os genótipos Kokushi Onaga F₁, Ajishirakawa F₁ e Choryoku F₁, e na formação do grupo 4 pelo genótipo Ajmurasaki F₁. A concordância entre as técnicas multivariadas e as de agrupamento é importante no estudo de diversidade genética, pois possibilita a recomendação de cruzamento entre genitores mais divergentes possíveis, a fim de ampliar a base genética e, conseqüentemente, o aumento da variabilidade (Abreu et al. 2004). As diferenças ocorreram nas formações dos grupos 3 (CNPH 84), 5 (CNPH 668) e 6 (CNPH 135). Caracteres morfológicos distintos do grupo 1 são esperados nos genótipos dos grupos 2, 3, 4, 5 e 6, pelo fato de terem constituído grupos distintos (Tabela 4).

Tabela 5. Descrição dos genótipos para quatro caracteres qualitativos avaliados em 24 genótipos de berinjela sob altas temperaturas em cultivo hidropônico, UFRPE, Recife, PE, 2016.

GENÓTIPOS	CFMC	DCFMC	CUF	ECF
CNPH 135	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Intermediário
CNPH 60	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNHP 51	Roxo escuro	Uniforme	Levemente curvado	Nenhum
CNPH 410	Roxo	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 84	Roxo	Uniforme	Curvado	Nenhum
CNPH 71	Roxo	Levemente listrado	Curvado	Nenhum
CNPH 668	Verde	Levemente rendado	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 146	Lilás acinzentado	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Intermediário
CNPH 140	Lilás acinzentado	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Poucos
CNPH 93	Lilás acinzentado	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 47	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 141	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Poucos
CNPH 67	Lilás acinzentado	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 107	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 53	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 109	Roxo	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 79	Lilás acinzentado	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CIÇA F ₁	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 100	Roxo escuro	Uniforme	Curvado	Nenhum
Flórida Market	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

Ajishirakawa F ₁	Branco	Uniforme	Curvado	Nenhum
Choryoku F ₁	Verde	Uniforme	Curvado	Nenhum
Kokushi Onaga F ₁	Preto	Uniforme	Em forma de serpente	Nenhum
Ajimurasaki F ₁	Roxo	Uniforme	Em forma de serpente	Nenhum

CFMC=Cor do fruto na maturação comercial; DCFMC= Distribuição da cor do fruto na maturação comercial; CUF=Curvatura do fruto; ECF= Espinho no cálice do fruto.

O coeficiente de correlação cofenética (r) foi de 0,79 e constata o bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias e a sua matriz original. Segundo Rohlf (2000), o ajuste do coeficiente de correlação cofenética é considerado bom, quando o mesmo apresenta valores iguais ou superiores a (r) 0,70. Neste caso, quanto maior for o (r) menor será a distorção do agrupamento, apresentando bom ajuste entre a matriz e o dendrograma formado (Cruz e Carneiro, 2012).

2.6. Conclusões

Os genótipos de berinjela apresentaram divergência genética significativa para todos os caracteres avaliados, em menor ou maior proporção.

Tanto o método de otimização de Tocher quanto o hierárquico UPGMA foram parcialmente concordantes no agrupamento dos genótipos.

Os caracteres que mais contribuíram para a divergência genética foram comprimento do fruto, largura do fruto e a relação comprimento/largura do fruto.

Para fins de melhoramento, os possíveis cruzamentos entre os mais divergentes podem resultar em marcante heterose e produção de novas combinações gênicas, reunindo maior número de genes favoráveis atualmente presente nos melhores genótipos.

2.7. Agradecimentos

A Capes pela concessão da bolsa e a Embrapa Hortaliças pela cessão dos acessos.

2.8. Referências

Alves RM, Garcia AAF, Cruz AD and Figueira A (2003) Seleção de descritores botânico-agronômicos para caracterização de germoplasma de cupuaçuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 38:807-818.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

- Antonini ACC, Robles WGR, Tessarioli Neto J and Kluge RA (2002) Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira** **20**: 646-648.
- Baswana KS, Dahiya MS, Kalloo NK, Sharma BS, Dhankhar BS and Dudi BS (2006) Brinjal HLB-25: A high temperature tolerant variety. **Haryana Journal of Horticultural Sciences** **35**:318-319.
- Bertan I, Carvalho FIF, Oliveira AC, Vieira EA, Hartwig I, Silva JAG, Shimidt DAM, Valério IP, Busato CC and Ribeiro G (2006) Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **Revista Brasileira de Agrociência** **12**: 279-286.
- Correa AM and Gonçalves MC (2012) Divergência genética em genótipos de feijão comum cultivados em Mato Grosso do Sul. **Revista Ceres** **59**: 206-212.
- Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4th edn, Editora UFV, Viçosa, 514 p.
- Cruz CD, Carneiro PCS and Regazzi AJ (2014) **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3th edn, Editora UFV, Viçosa, 688 p.
- Cruz CD and CARNEIRO PCS (2013) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 585p.
- Cruz CD (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum** **35**:271-276.
- Falconer DS and Mackay TF (1996) **Introduction to quantitative genetics**. 4th edn, Longman Group, Londres, 464p.
- Gonçalves MCR, Diniz M, Dantas AG and Borba J (2006) Modesto efeito hipolipemiante do extrato seco de Berinjela (*Solanum melongena* L.) em mulheres com dislipidemias, sob controle nutricional. **Revista Brasileira de Farmacognosia** **16**: 656-663.
- Kopp MM, Souza VQ, Coimbra JLM, Luz VK, Marini N and Oliveira AC (2007) Melhoria da correlação cofenética pela exclusão de unidades experimentais na construção de dendogramas. **Revista da Faculdade de Zootecnia Veterinária e Agronomia** **14**: 46-53.
- Milligan GW and Cooper MC (1985) An examination of procedures for determining the number of clusters in a data set. **Psychometrika** **50**:159-179.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

Mojema R (1977) Hierarquial grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal 20**: 359-363.

Nascimento WM and Freitas RA (2014) Produção de sementes de berinjela. In Nascimento WN (ed) **Produção de sementes de hortaliças**. Vol II, Embrapa, Brasília, p.53-74.

Ribeiro CSC, Brune S and Reifschneider JFB (1998) **Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.)**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 24p. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças 15).

Rocha MM, Carvalho KJM, Freire Filho FR, Lopes ACA, Gomes RLF and Sousa IS (2009) Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 44**: 270-275.

Singh D (1981) The relative importance of characters affecting genetic divergence. **Indian Journal of Genetic and Plant Breeding 41**:237-245.

Sokal RR and Rohlf FJ (1962) The comparison of dendrograms by objective methods. **Taxon 11**: 30-40.

Vasconcelos ED, Cruz CD, Bhering LL and Resende Junior MFR (2007) Alternative method for clustering analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 42**: 1421-1428.

Vencovsky R (1987) Herança quantitativa. In Paterniani E (ed) **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Fundação Cargil, Piracicaba, p.122-201.

CAPÍTULO III

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS

3. SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS

3.1. Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de genótipos de berinjela em condições de cultivo sob altas temperaturas. Para isso, oito caracteres foram analisados em 22 tratamentos dispostos no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições, conduzidos em casa de vegetação e no campo, localizados na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, entre dezembro/2016 e maio/2017. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância conjunta ($P < 0,01$). As médias dos genótipos e ambientes foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,01$). Foram obtidas as correlações genéticas, fenotípicas e ambientais. Correlações positivas foram obtidas para os pares, número de frutos por planta (NFP) x índice de pegamento de fruto (IPF), NFP x produção por planta (PP) e PP x IPF e negativa no par NFP x PP. Entre os caracteres viabilidade polínica (VP), IPF, NFP e PP as associações foram baixas e/ou negativas para todos os pares em ambos os ambientes e indica que a seleção indireta para IPF e PP através de VP não é eficiente. Os ambientes interferiram no desempenho dos genótipos para todos os caracteres. Maiores médias para VP, NFP, PP foram observados no cultivo em casa de vegetação, enquanto que no campo os genótipos tiveram melhores desempenhos para IPF, PF, comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF) e relação comprimento/largura do fruto (RCLF). Em condições de altas temperaturas se destacaram os genótipos CNPH 135, CNPH 93, CNPH 79, CNPH 410, CNPH 84, CNPH 71, CNPH 668, Ajimurasaki F₁ e Kokushi Onaga F₁ com bom IPF e o CNPH 135 com os maiores IPF, PP, VP e PF. O IPF em 45,45% dos genótipos sob altas temperaturas, foram baixos, em torno de 21,32 e 40,51%. No campo, os genótipos CNPH 84 e CNPH 668 se destacaram com o melhor IPF (>60%).

Palavras-chaves: *Solanum melongena* L., correlações genéticas, pegamento de frutos, viabilidade polínica, produtividade.

3.2. Abstract

Selection of eggplant genotypes under high temperatures

The aim of this study was to evaluate the performance of eggplant genotypes submitted to a high temperature cultivation. Eight characters were analyzed in 22

treatments arranged in a randomized block design with four replicates and performed in a greenhouse and in field, experiments were conducted at Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, between December of 2016 and May of 2017. Data were submitted to an analysis of joint variance ($P < 0.01$). The means of genotypes and environment were grouped by Scott-Knott test ($p < 0.01$). Genetic, phenotypic and environmental correlations were attained. Positive correlations were attained for the pair: Number of Fruits per Plant (NFP) x Index of fixation of fruits (IFF), NFP x Production per Plant (PP) and PP x IFF and negative for the pair NFP x PP. Among characters of Pollen Viability (PV), IFF, NFP and PP the associations were lower or negative for all the pairs in both environment and it indicates that an indirect selection for IFF and PP through PV is not efficient. Both environments interfered in the performance of the genotypes of all the characters studied. Greater means for PV, NFP and PP were observed in the growth at the greenhouse, while in the field the genotypes achieved better performance for IFF, Fruit Weight (FWe) Fruit Length (FL), Fruit Width (FW), Fruit Length/Width ratio (FLWR). In high temperature conditions, genotypes CNPH 135, CNPH 93, CNPH 79, CNPH 410, CNPH 84, CNPH 71, CNPH 668, Ajimurasaki F₁ and Kokushi Onaga F₁ excelled with a good IFF and the CNPH 135 with the best IFF, PP, PV and FWe. The IFF in 45.45% of genotypes under high temperatures were low, around 21.32% to 40.51%. In the field, genotypes CNPH 84 and CNPH 668 had the best IFF (>60%).

Key-words: *Solanum melongena* L.; genetic correlations; fruit maturity; pollen viability; productivity.

3.3. Introdução

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma das poucas espécies cultivadas de Solanaceae que são originárias do Velho Mundo (Doganlar et al. 2002, Daunay 2008) e uma das olerícolas mais destacadas desta família, dada à importância econômica de seus frutos e grande diversidade de formas e cores, geralmente brilhantes, podendo ser cultivada como hortaliça ou como planta ornamental (Nascimento e Freitas 2014).

A área cultivada com berinjela no Brasil é relativamente pequena, em torno de 1550 hectares/ano. Concentrada principalmente na região Centro-Sul (Boiteux et al. 2016), a sua comercialização tem crescido nos últimos anos, esse aumento é

resultado, principalmente, da maior procura por parte dos consumidores por produtos mais saudáveis e com propriedades medicinais (Antonini et al. 2002). Neste aspecto, a berinjela tem sido alvo de várias pesquisas decorrentes da disseminação de suas propriedades medicinais junto à população, com destaque para a redução das taxas de gordura e de colesterol (Marques 2003).

Segundo Polverente et al. (2005), a berinjela é uma das hortaliças mais exigentes em temperatura elevada, com alta sensibilidade ao frio e a geada, porém, durante a floração e a frutificação tolera temperaturas mais amenas. A temperatura ideal para o crescimento encontra-se entre 22 e 30°C, enquanto a queda de temperatura para 17°C resulta na inibição do desenvolvimento da planta (Adamczewska-Sowińska et al. 2013). O abortamento da flor é favorecido pela redução natural da luz do dia e pela alta temperatura da noite (30°C) (Saito e Ito 1973).

A produtividade da berinjela na região Nordeste do Brasil é imprevisível. É provável que os efeitos causados pelas altas temperaturas estejam exercendo um papel importante na redução da produtividade, devido ao abortamento das flores, frutos e inviabilidade polínica, principalmente em cultivos sob casa de vegetação onde a temperatura interna tem sido superior à externa, principalmente no período mais quente do ano. Quando o florescimento coincide com esse período há uma redução drástica na produtividade.

Estratégias para a avaliação e seleção de genótipos de berinjela frente aos efeitos causados pelas altas temperaturas são necessárias. Neste aspecto, as diferentes respostas dos genótipos constitui um fator indispensável para o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes, bem como, o conhecimento sobre a herança dos caracteres envolvidos na tolerância a altas temperaturas é de extrema importância para os programas de melhoramento (Iba 2002, Souza et al. 2011).

Da mesma forma, a seleção baseada no maior número possível de caracteres correlacionados a tolerância às altas temperaturas, constitui como estratégia eficiente, uma vez que reduz a probabilidade de genes envolvidos na tolerância às altas temperaturas sejam perdidos durante o processo seletivo baseado apenas na produtividade (Souza et al. 2011). Nesse sentido, a seleção seria facilitada pela adoção de caracteres correlacionados à tolerância a altas temperaturas,

principalmente quando o objetivo for seleção indireta, por meio de um caráter de fácil mensuração ou de maior herdabilidade (Hartwig et al. 2007).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi identificar e selecionar genótipos de berinjela tolerantes a altas temperaturas, bem como, estimar as correlações existentes entre caracteres agrônômicos influenciados pelas altas temperaturas.

3.4. Material e métodos

Foram conduzidos dois experimentos, um em casa de vegetação e o outro no campo a céu aberto, localizados no Departamento de Agronomia, Área de Fitotecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil entre os meses de dezembro/2016 e maio/2017.

Os dados de temperatura relativa do ar (Máxima, Média e Mínima) na casa de vegetação foram obtidos por um mini datalogger modelo HOBO e as do campo obtidos através da Estação Meteorológica Automática do Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE (Figura 1).

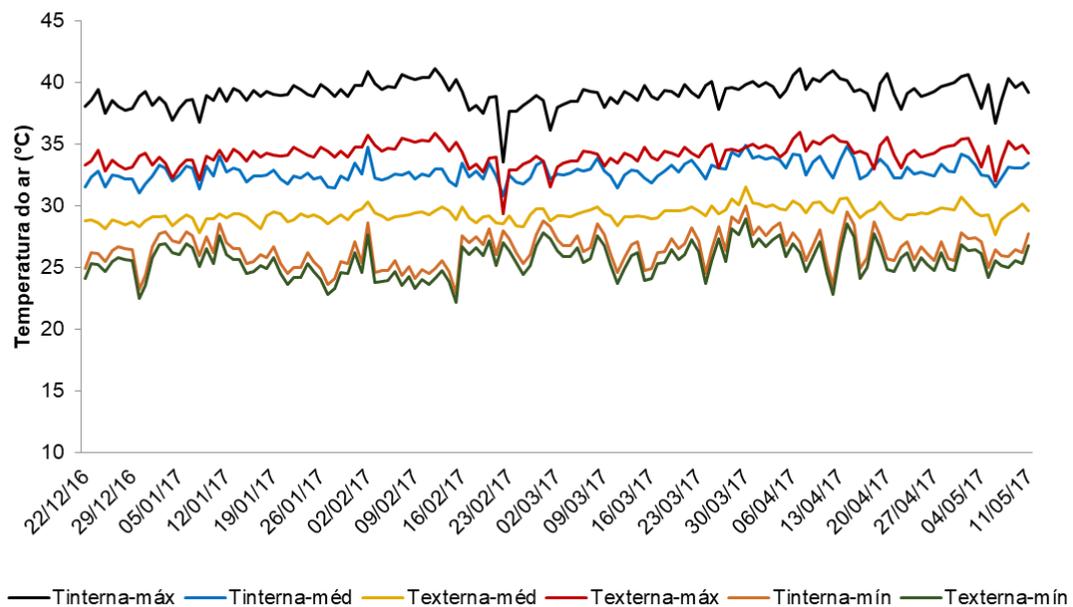


Figura 1. Temperatura relativa do ar (máxima, mínima e média) na casa de vegetação e no campo, entre os meses de dezembro/2016 a maio/2017.

Em ambos os experimentos foram avaliados 22 genótipos de berinjela no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e quatro plantas por parcela experimental. A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido com 128 células contendo substrato pó de coco peneirado e mantida em

casa de vegetação em um sistema hidropônico por subirrigação até atingirem o ponto de transplante.

Na casa de vegetação a temperatura variou de 24 a 41°C. Neste ambiente as mudas foram transplantadas individualmente para vasos com capacidade de 5L contendo como substrato inerte o pó de coco e espaçados em 1,75m entre fileiras e 0,60m entre plantas. Neste ambiente, a nutrição mineral e necessidade hídrica das plantas foram supridas por meio de solução nutritiva distribuída automaticamente por gotejamento de sete a oito vezes ao dia.

No campo, a faixa de temperatura foi inferior ao da casa de vegetação e ficou entre 23 e 36°C. No campo, as mudas foram transplantadas para canteiros no espaçamento de 0,80m entre fileiras e 0,50 entre plantas. A nutrição mineral foi realizada de acordo com as recomendações técnicas para cultivo tradicional de berinjela e a necessidade hídrica suprida através de irrigações por microaspersão duas vezes ao dia. Em ambos os ambientes a faixa de temperatura está fora do ideal para o cultivo de berinjela (22 a 32°C), confirmando que a avaliação ocorreu em condições de altas temperaturas.

Foram avaliados os caracteres índice de pegamento de fruto (IPF) obtido pela equação: $IPF = \text{número de frutos} / \text{número de botões florais} \times 100$, viabilidade polínica (VP) obtida pela equação: $VP (\%) = \text{número de grãos de pólen corados com solução de tetrázolio (0,25\%)} / 250 \text{ grãos de pólen avaliados} \times 100$, número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF) e a razão comprimento/largura do fruto (RCLF).

Depois das análises de variância individual, foi verificada a homogeneidade das variâncias residuais pelo teste de F máximo, que considera as variâncias residuais homogêneas quando a relação entre os quadrados médios residuais não ultrapassa o valor 7 (Cruz et al. 2012). Constatada a homogeneidade das variâncias residuais, procedeu-se à análise de variância conjunta seguindo o modelo estatístico: $Y_{ijk} = m + G_i + B_k + A_j + GA_{ij} + E_{ijk}$, onde Y_{ijk} é a observação no k-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo e j-ésimo ambiente; m é a média geral do ensaio; G_i é o efeito do tratamento (genótipo) i ; B_k é o efeito do bloco k ; A_j é o efeito do ambiente j ; GA_{ij} é o efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente j ; e E_{ijk} que é o erro aleatório associado à observação ijk . Foram estimados os coeficiente de correlações genéticas fenotípicas e ambientais utilizando as expressões

apresentados por (Cruz 2006). As médias dos genótipos e ambientes foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,01$). As análises foram realizadas utilizando-se o programa GENES (Cruz 2013).

3.5. Resultados e discussão

Os quadrados médios para genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes foram significativos pelo teste F a 1% de probabilidade para a maioria dos caracteres analisados, exceto para produção por planta (PP) (Tabelas 1 e 2). Esses resultados indicam que pelo menos um dos genótipos diferiram dos demais em relação aos caracteres analisados, bem como a inconsistência no desempenho dos genótipos frente às variações ambientais destaca a necessidade de seleção específica para cada ambiente, principalmente para o cultivo em casa de vegetação, onde a temperatura mínima registrada foi de 23°C e a temperatura máxima registrada foi de 41°C, quando comparada ao cultivo no campo onde os valores ficaram na faixa de 26 a 36°C, respectivamente (Figura 1).

Os coeficientes de correlações fenotípicas (r_f), genéticas (r_g) e ambientais (r_a) obtidos para ambos os ambientes apresentaram poucas diferenças entre eles, em relação a magnitude e o sentido das correlações (Tabela 3). Diferenças podem ocorrer devido a fatores causados pela variação genética e do ambiente, que afetam os caracteres por meio de mecanismos fisiológicos diferentes (Falconer 1987, Carvalho et al. 2004), de modo que não podemos inferir somente sobre a correlação entre os caracteres de forma generalizada, desconsiderando os ambientes em que os genótipos foram cultivados.

Os coeficientes de correlações fenotípicas e genéticas mostraram, em sua maioria, uma grande similaridade entre os pares de caracteres, em relação ao sentido e a magnitude das correlações (Tabelas 3). Em apenas 28,57 e 21,42% dos pares obtidos para a casa de vegetação e o campo respectivamente, os valores das estimativas de correlações genéticas foram superiores a 0,60. O contrário foi obtido em 14,28% (casa de vegetação) e 10,71% (campo) dos pares, com valores superiores a -0,60. Em ambos os casos indicando forte associação entre os caracteres (Carvalho et al. 2004).

A associação positiva dos caracteres Número de frutos por planta (NFP) x Índice de pegamento do fruto (IPF) ($r_g = 0,75$ e $r_g = 0,77$), NFP x Produção por planta (PP) ($r_g = 0,57$ e $r_g = 0,27$) e PP x IPF ($r_g = 0,59$ e $r_g = 0,60$) indica que a seleção para

IPF agregará um maior número de frutos por planta e conseqüentemente maior produtividade. Contudo, a correlação negativa entre NFP x Peso do fruto (PF) ($r_g = -0,63$ e $r_g = -0,78$) mostra haver um limite fisiológico, de modo, que a seleção apenas para o IPF e NFP não provoque indiretamente a redução do PF, afetando a qualidade e padrão do genótipo, quando o objetivo for a obtenção de frutos de maior tamanho.

Nos pares em que a viabilidade polínica (VP) é confrontada com os caracteres IPF, NFP e PP as associações foram baixas e/ou negativas para todos os pares, em ambos os ambientes, VP x IPF ($r_g = 0,12$ e $r_g = -0,34$), VP x NFP ($r_g = -0,47$ e $r_g = -0,39$) e PP x VP ($r_g = 0,05$ e $r_g = -0,35$) e evidencia que apenas a seleção com base na VP com uso de solução de tetrazólio não resultará na obtenção de genótipos com maior índice de pegamento de frutos e maior produtividade. Todavia, Silva et al. (2000) ao avaliar a viabilidade de pólen de tomateiro submetidos a diferentes temperaturas e avaliados pela técnica de germinação *in vitro* constatou a possibilidade de identificação de genótipos tolerantes e susceptíveis a altas temperaturas, confirmando o ocorrido em casa de vegetação, podendo, dessa forma, ser utilizada como indicativo de tolerância a alta temperatura. Porém, não confirmado neste trabalho nas condições em que foi realizado.

Quanto às correlações ambientais, estas foram negativas e muito baixas em 25% (casa de vegetação) e 21,42% (campo) dos pares possíveis, com valores próximos de zero (Tabela 3). O contrário foi obtido nos pares NFP x PP ($r_a = 0,68$ e $r_a = 0,80$), NFP x IPF apenas na casa de vegetação ($r_a = 0,70$) e Comprimento do fruto (CF) x Relação comprimento/largura do fruto (RCLF) ($r_a = 0,77$ e $r_a = 0,85$) com associações positivas e de altas magnitudes ($r_a > 0,60$) e no par PP x IPF apenas na casa de vegetação ($r_a = 0,57$). No entanto, entre os caracteres de maior interesse para seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas, VP, IPF, NFP e PP as correlações ambientais no geral, foram muito baixas ($r_a < 0,20$) com valores próximos de zero e evidencia a falta de correlação ambiental na associação destes caracteres.

Correlações ambientais ocorrem entre dois caracteres quando estes são influenciados pelas mesmas variações do ambiente. Quando negativos indicam que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro e quando positivos, indica que ambos os caracteres foram beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas ambientais (Falconer 1987, Cruz et al. 2012)

Os genótipos produziram em média 8,29 frutos.planta⁻¹ na casa de vegetação, enquanto que no campo, a produção foi de 4,42 frutos.planta⁻¹, com uma diferença de 3,87 frutos.planta⁻¹ entre os ambientes (Tabela 1). Todavia, a variação no NFP foi superior na casa de vegetação, foram formados cinco grupos, destacando-se os dois primeiros com as maiores médias. Ajimurasaki F₁ e CNPH 84 com 19,21 frutos.planta⁻¹ e 17,96 frutos.planta⁻¹ respectivamente, seguido dos genótipos CNPH 668 (14,90 frutos.planta⁻¹) e CNPH 141 (13,02 frutos.planta⁻¹) (Tabela 1).

Por outro lado, 40,90% dos genótipos, incluindo a Ciça F₁ e Kokushi Onaga F₁ contaram com 6,34 a 8,06 frutos.planta⁻¹. Já os outros 22,72% dos genótipos tiveram desempenho insatisfatório, com a menor quantidade de frutos, entre 2,86 e 4,96 frutos.planta⁻¹, incluindo a Flórida Market (2,86 frutos.planta⁻¹). O genótipo Flórida Market apresentou quantidade de frutos inferior aos observados por Silva et al. (1999) que obteve cinco frutos frutos.planta⁻¹ e Antonini et al. (2002) com 13 frutos.planta⁻¹.

Em contraste ao observado na casa de vegetação, a produção de frutos no campo foi menos variável, formando apenas três grupos de médias. Neste ambiente o melhor desempenho foi dado ao genótipo CNPH 668 (10,69 frutos.planta⁻¹), enquanto que, o genótipo Ajimurasaki F₁ que na casa de vegetação produziu 19,21 frutos.planta⁻¹ foi agrupado no segundo melhor grupo de desempenho no campo, com produção de 7,85 frutos.planta⁻¹ junto dos genótipos CNPH 84, CNPH 71, CNPH 140 e CNPH 100 que não tiveram desempenhos satisfatórios quando cultivados em casa de vegetação (Tabela 1).

Todavia 72,72% dos genótipos tiveram desempenho insatisfatório no campo, incluindo a Ciça F₁ (3,50 frutos.planta⁻¹), Kokushi Onaga F₁ (4,00 frutos.planta⁻¹) e Flórida Market (4,50 frutos.planta⁻¹). Esses resultados estão abaixo do relatado por Costa (2012) para as mesmas condições de cultivo, para os genótipos Ciça F₁ (6,92 frutos.planta⁻¹), Kokushi Onaga F₁ (3,78 frutos.planta⁻¹) e Flórida Market (7,75 frutos.planta⁻¹). O menor NFP no campo pode ser decorrente da influencia de outros fatores e não apenas da temperatura (Tabela 1).

Na avaliação do caráter PP foram verificadas médias superiores na casa de vegetação (734,26 g.planta⁻¹) com amplitude de variação de 165,88 g.planta⁻¹ em relação ao campo, em que a média para PP foi de 568,38 g.planta⁻¹ (Tabela 1). A maior média para PP na casa de vegetação foi do genótipo CNPH 135 (1431,40

g.planta⁻¹), constituindo um grupo isolado. Enquanto que os demais grupos foram compostos cada um por 31,81% dos genótipos (Tabela 1).

No segundo maior grupo de médias a PP ficou entre 875,00 e 1140,73 g.planta⁻¹ e foi formado pelos genótipos CNPH 84, CNPH 141, CNPH 67, CNPH 107, Ciça F₁, Kokushi Onaga F₁ e Ajimurasaki F₁. Os demais grupos tiveram médias entre 604,79 e 752,04 g.planta⁻¹, incluindo a Flórida Market no grupo intermediário. O grupo menos produtivo incluiu genótipos com médias entre 192,50 e 448,75 g.planta⁻¹ totalizando quatro grupos de médias (Tabela 1).

No campo a variação para PP foi menor e formou apenas dois grupos. Onde 54,54% dos genótipos, incluindo o CNPH 135 (621,31 g.planta⁻¹) formaram o grupo dos mais produtivos, com médias entre 573,50 e 881,88 g.planta⁻¹. O destaque foi para o genótipo Ciça F₁ (881,88 g.planta⁻¹) como o mais produtivo. No entanto os outros 45,45% apresentaram médias entre 332,50 e 550,72 g.planta⁻¹ e desempenho similar ao da Flórida Market (550,72 g.planta⁻¹). Resultados inferiores aos obtidos por Silva et al. (1999), Antonini et al. (2002), Costa (2012) e inferiores aos citados por Baswana et al. (2006) para a variedade tolerante e susceptível a altas temperaturas, considerando a produção por planta em que obtiveram valores de 1080,7 e 117,7 gramas.

A média geral para VP foi superior na casa de vegetação, 46,68%, em relação ao campo, que obteve 35,45%, totalizando uma diferença de 11,23% (Tabela 1). Esses valores estão próximos ao observado por Araméndiz-Tatis et al. (2013) para a concentração de 0,25% de solução de tetrazólio em *S. melongena* cv. Lila Criolla, em que obteve 42,80% de pólenes viáveis. Por outro lado, França et al. (2009) ao testar metodologias para avaliação de viabilidade polínica na cultivar Ciça F₁ não obteve resultados satisfatórios com as concentrações de tetrazólio testadas, devido à dificuldade dos grãos entrarem em contato com a solução de tetrazólio. No entanto, não há relato na literatura de uma técnica universal para avaliar pólen de berinjela (França et al. 2009).

Respostas diferentes para VP foram observadas na casa de vegetação, foram formados dois grupos de médias, onde as maiores porcentagens foram observadas em 68,18% dos genótipos, com médias entre 47,17% (CNPH 141 e CNPH 109) e 61,67% (CNPH 93), entre eles a Ajimurasaki F₁ (54,17%). Por outro lado, 31,81%, tiveram médias entre 29,84% (CNPH 71) e 41% (Kokushi Onaga F₁), incluindo a Ciça F₁ com 34,17% de pólenes viáveis. Esses resultados para VP estão abaixo dos

obtidos por Baswana et al. (2006) para uma variedade tolerante altas temperaturas, em condições de 32 a 45°C no verão, onde encontraram 86,2% de pólenes viáveis (Tabela 1).

No campo onde a percentagem de viabilidade polínica deveria ser maior, apenas 18,18% dos genótipos apresentaram valores entre 53% (CNPH 135) e 66,84% (CNPH 107), seguido de 31,81% com valores entre 36,50 % (CNPH 47) e 48,83% (CNPH 60). Enquanto que outros 31,81% dos genótipos, incluindo Kokushi Onaga F₁ e Ajimurasaki F₁ contemplaram um grupo de médias entre 24% (Kokushi Onaga F₁) e 32,50% (CNPH 141). As menores porcentagens foram obtidas em 22,72% dos genótipos, neste grupo foram incluídos os genótipos Ciça F₁ e Flórida Market, as quais tiveram médias em torno de 13,83% e 2%, respectivamente. Em ambos os ambientes os valores de VP obtidos foram inferiores aos citados por Baswana et al. (2006) para a variedade tolerante e susceptível a altas temperaturas (Tabela 1).

O cultivo no campo obteve a maior média para IPF em relação ao cultivo em casa de vegetação, com amplitude de variação de 23,12% (Tabela 1). Em 45,45% dos genótipos cultivados na casa de vegetação o caráter em questão foi superior a 21,32%, entre eles os genótipos Kokushi Onaga F₁ e Ajimurasaki F₁. Enquanto que os demais genótipos concentraram médias entre 5,99% (CNPH 53) e 24,01% (CNPH 93) confirmando o menor pegamento de frutos neste ambiente, onde as temperaturas foram mais elevadas. Valores menores a 61,4 e 33,9% obtidos por Baswana et al. (2006) para a variedade tolerante e susceptível respectivamente cultivadas no verão.

Considerando o cultivo no campo, o genótipo CNPH 84 apresentou o maior IPF (83,26%). Médias entre 47,42% (CNPH 71) e 65,75% (CNPH 668) foram observadas em 31,81% dos genótipos, entre eles a Kokushi Onaga F₁ e Ajimurasaki F₁. Todavia, 63,63% dos genótipos apresentaram valores entre 23,53% (CNPH 109) e 44,38% (Ciça F₁) incluindo também a Flórida Market. Resultados esperados, visto que nestas condições a produção de flores foi menor em relação à casa de vegetação, porém com menor taxa de abortamento (Tabela 1).

No campo a média para PF foi superior (147,71 g.fruto⁻¹) em relação ao cultivo em casa de vegetação (105,43 g.fruto⁻¹). Em ambos os cultivos, a variação para esse caráter foi alto com a formação de quatro grupos de médias. Na casa de vegetação, os melhores resultados foram obtidos nos genótipos CNPH 135 (212,61

g.fruto⁻¹), CNPH 53 (194,17 g.fruto⁻¹) e Flórida Market (205,39 g.fruto⁻¹). Contudo, no campo os genótipos CNPH 53 (266,00 g/fruto⁻¹), Ciça F₁ (257,85 g.fruto⁻¹), CNPH 135 (244,49 g.fruto⁻¹) e CNPH 47 (234,38 g.fruto⁻¹) tiveram os melhores desempenhos (Tabela 2).

Em relação aos caracteres CF e LF, as maiores médias foram obtidas no campo com 18,82 e 5,75 cm respectivamente, com valores de RCLF em torno de 3,82 (Tabela 2). Porém na casa de vegetação, as médias para CF e LF foram de 14,18 e 5,28 cm e de 3,08 para RCLF. A RCLF é indicativo do formato do fruto, ou seja, quanto maior a RCLF, mais alongado é o fruto. Neste sentido, 59,09% dos genótipos cultivados na casa de vegetação e 50,00% dos genótipos cultivados no campo foram agrupados com os genótipos Ciça F₁ e Florida Market. Todavia, Ajimurasaki F₁ e Kokushi Onaga F₁ tiveram os maiores valores em ambos os ambientes, e constituíram grupos isolados, diferindo entre eles e dos demais (Tabela 2).

3.6. Conclusões

Os genótipos CNPH 135, CNPH 93, CNPH 79, CNPH 410, CNPH 84, CNPH 71, CNPH 668, Ajimurasaki F₁ e Kokushi Onaga F₁ destacaram-se para índice de pegamento de fruto quando cultivados sob alta temperatura.

O genótipo CNPH 135 destacou-se para índice de pegamento de fruto, produção por planta, viabilidade polínica e peso do fruto quando cultivado sob alta temperatura.

Não houve correlação entre viabilidade polínica e os caracteres índice de pegamento de fruto, número de frutos por planta e produção por planta.

Existe variabilidade genética entre os genótipos para tamanho e formato de frutos.

3.7. Agradecimentos

A Capes pela concessão da bolsa e a Embrapa Hortaliças pela cessão dos acessos.

3.8. Referências

- Adamczewska-Sowińska K and Krygier M (2013) Yield Quantity and Quality of field cultivated eggplant in relation to its cultivar and the degree of fruit maturity. **Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus 12**: 13-23.
- Antonini ACC, Robles WGR, Tessarioli Neto J and Kluge RA (2002) Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira 20**: 646-648.
- Araméndiz-Tatis H, Cardona-Ayala C and Jarma-Orozco A (2013) Eficiencia de dos métodos para evaluar la viabilidad del polen de berenjena (*Solanum melongena* L. Cv. Lila criolla). **Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16**: 351-358.
- Baswana KS, Dahiya MS, Kalloo NK, Sharma BS, Dhankhar BS and Dudi BS (2006) Brinjal HLB-25: A high temperature tolerant variety. **Haryana Journal of Horticultural Sciences 35**:318-319.
- Boiteux LS, Mendonça LJ, Fonseca MEN, Reis A, Vilela NJ, González-Arcos M and Nascimento MN (2016) Melhoramento de berinjela. In NICK C and BORÉM A (eds) **Melhoramento de Hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, p.15-192.
- Costa JC (2012) Interação híbridos de berinjela por sistemas de cultivo. UFRPE, Recife, 52p. (Dissertação de mestrado).
- Cruz CD (2006) **Programa Genes: biometria**. Editora UFV, Viçosa, 302 p.
- Cruz CD (2013) GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum 35**: 271-276.
- Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4th edn, Editora UFV, Viçosa, 514p.
- Daunay MC (2008) Eggplant. In Prohens J and Nuez F (eds) **Handbook of Crop Breeding, Vegetables II**. Springer, New York, p. 163-220.
- Doganlar S, Frary A, Daunay MC, Lester RN and Tanksley SD (2002) Conservation of gene function in the Solanaceae as revealed by comparative mapping of domestication traits in eggplant. **Genetics 161**: 1713-1726.
- Falconer DS (1987) **Introdução à genética quantitativa**. Editora UFV, Viçosa, 279p.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

- Falconer DS and Mackay TFC (1996) **Introduction to quantitative genetics**. 4th edn, Longman Edit, Malasya, 464p.
- França Neto LV, Nascimento W, Carmona RE and Freitas R (2009) Viability of eggplant pollen. **Crop Breeding Appl. Biotechn** **9**: 320-327.
- Hartwig I, Carvalho FIF, Oliveira AC, Vieira EA, Solva AG, Bertan I, Ribeiro G, Finatto T, Reis CES and Busato CC (2007) Estimativa de coeficientes de correlação e trilha em gerações segregantes de trigo hexaplóide. **Bragantia** **66**: 203-218.
- Iba K (2002) Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. **Annual Review of Plant Biology** **53**: 225-245.
- Laviola BG, Silva SD, Juhász AC, Rocha RB, Oliveira RJ, Albrecht JC, Alves AA and Rosado TB (2014) Desempenho agrônômico e ganho genético pela seleção de pinhão-mansão em três regiões do Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira** **49**: 356–363.
- Marques DC (2003) Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água. Editora UFLA, Lavras, 55p.
- Nascimento WM and Freitas RA (2014) Produção de sementes de berinjela. In Nascimento WM (ed) **Produção de sementes de hortaliças**. Embrapa, Brasília, p. 53-74.
- Polverente MR, Fontes DC and Cardoso All (2005) Produção e qualidade de sementes de berinjela em função do horário de polinização manual. **Bragantia** **64**: 467- 472.
- Ribeiro CSC, Brune S and Reifschneider FJB (1998) **Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L)**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 23p. (Instruções Técnicas 15).
- Saito T and Ito H (1973) Studies on the Flowering and Fruiting in Eggplant VIII. Effects of Early Environmental Conditions and Cultural Treatments on the Development and the Drop of Flowers. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science** **42**: 155-162.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos

Silva DJH, Costa CP, Casali VWD, Dias LAS and Cruz CD (1999) Relação entre divergência genética de acessos de berinjela e desempenho de seus híbridos. **Horticultura Brasileira 17**: p. 129-133.

Silva ACTF, Leite IC and Braz LT (2000) Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12**: 156-165.

Souza MA, Pimentel AJB and Ribeiro G (2011) Melhoramento para tolerância ao calor. In Fritsche-Neto R and Borém A (eds) **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Editora UFV, Viçosa, p.199-226.

Sturion JA and Resende MDV (2004) Eficiência do delineamento experimental e capacidade de teste no melhoramento genético da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Boletim de Pesquisa Florestal 50**: 3-10.

Vasconcelos ES, Reis MS, Sedyama T and Cruz CD (2012) Estimativas de parâmetros genéticos da qualidade fisiológica de sementes de genótipos de soja produzidas em diferentes regiões de Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias 33**: p. 65-76.

Vencovsky R (1987) Herança quantitativa. In Paterniani E (ed) **In Melhoramento e produção de milho**. Fundação Cargill, Campinas, p.122-201.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a altas temperaturas e heterose em seus híbridos.

Tabela 1. Quadrados médios e médias para os caracteres número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP), viabilidade polínica (VP), índice de pegamento de frutos (IPF) avaliados em 24 genótipos de berinjela sob casa de vegetação e no campo. Recife-PE, UFRPE, 2016.

GENÓTIPOS	NFP		PP(g)		VP(%)		IPF(%)	
	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo
CNPH 135	6,83 Ad	2,56 Bc	1431,40 Aa	621,31 Ba	48,84 Aa	53,00 Aa	24,13 Aa	38,98 Ac
CNPH 60	3,46 Ae	2,31 Ac	443,75 Ad	432,92 Ab	47,67 Aa	48,83 Ab	11,68 Bb	27,82 Ac
CNPH 51	6,38 Ad	4,92 Ac	734,03 Ac	718,96 Aa	49,00 Aa	31,00 Bc	12,46 Bb	28,81 Ac
CIÇA F ₁	6,81 Ad	3,50 Bc	1140,73 Ab	881,88 Aa	34,17 Ab	13,83 Bd	19,98 Bb	44,38 Ac
CNPH 410	9,92 Ac	2,42 Bc	725,42 Ac	361,67 Bb	47,67 Aa	39,33 Ab	23,16 Aa	30,66 Ac
CNPH 84	17,96 Aa	6,50 Bb	1107,14 Ab	706,48 Ba	54,83 Aa	13,67 Bd	40,51 Ba	83,26 Aa
CNPH 71	7,0,6 Ad	5,90 Ab	392,81 Ad	470,94 Ab	29,84 Ab	7,33 Bd	21,32 Ba	47,42 Ab
CNPH 668	14,90 Ab	10,69 Ba	752,04 Ac	538,04 Ab	38,00 Ab	26,00 Ac	23,46 Ba	65,75 Ab
K, Onaga F ₁	7,33 Ad	4,00 Bc	896,25 Ab	727,94 Aa	41,00 Ab	24,00 Bc	33,39 Ba	52,14 Ab
CNPH 146	8,06 Ad	3,23 Bc	742,19 Ac	352,61 Bb	45,50 Aa	27,33 Bc	14,30 Ab	27,94 Ac
CNPH 140	8,63 Ac	6,73 Ab	499,38 Bd	860,21 Aa	32,33 Ab	29,67 Ac	13,69 Bb	57,45 Ab
CNPH 93	8,04 Ad	3,31 Bc	713,21 Ac	583,86 Aa	61,67 Aa	46,25 Ab	24,01 Ba	51,08 Ab
CNPH 47	2,69 Ae	1,67 Ac	448,75 Ad	418,75 Ab	52,34 Aa	36,50 Ab	11,22 Bb	36,94 Ac
CNPH 141	13,02 Ab	3,00 Bc	1062,08 Ab	332,50 Bb	47,17 Aa	32,50 Ac	26,23 Aa	41,81 Ac
CNPH 67	10,94 Ac	4,31 Bc	995,63 Ab	573,50 Ba	49,17 Aa	48,17 Ab	19,36 Bb	37,88 Ac
CNPH 107	7,23 Ad	4,33 Bc	875,00 Ab	458,96 Bb	47,33 Ba	66,84 Aa	17,16 Bb	56,78 Ab
CNPH 53	1,25 Ae	2,34 Ac	248,75 Bd	606,67 Aa	37,84 Ab	45,00 Ab	5,99 Bb	34,98 Ac
CNPH 109	6,34 Ad	3,67 Bc	192,50 Ad	427,50 Ab	47,17 Aa	54,17 Aa	15,06 Ab	23,53 Ac
CNPH 79	8,71 Ac	3,75 Bc	643,75 Ac	597,40 Aa	35,33 Bb	63,67 Aa	29,67 Aa	40,46 Ac
Ajimurasaki F ₁	19,21 Aa	7,85 Bb	1118,33 Ab	603,96 Ba	54,17 Aa	26,00 Bc	28,91 Ba	55,01 Ab
CNPH 100	4,96 Ae	5,77 Ab	386,00 Ad	677,81 Aa	74,00 Aa	44,84 Bb	20,41 Bb	41,18 Ac
F, Market	2,86 Ae	4,50 Ac	604,79 Ac	550,72 Ab	52,17 Aa	2,00 Bd	11,04 Bb	31,60 Ac
QM (GEN.)	76,32**		298057,37**		939,96**		861,57**	
QM (AMB.)	661,73**		1210714,99 ^{ns}		5558,74**		23529,68**	
QM (GxA)	27,40**		210725,18**		682,54**		238,09**	
Méd ₁ (Casa de veg.)	8,29		734,26**		46,68**		20,32**	
Méd ₁ (Campo)	4,42		568,38**		35,45**		43,44**	
CV%	29,04		34,57		23,88		30,27	

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

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

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a altas temperaturas e heterose em seus híbridos.

Tabela 2. Quadrados médios e médias para os caracteres peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF) e razão comprimento/largura do fruto (RCLF) avaliados em 24 genótipos de berinjela sob casa de vegetação e no campo. Recife-PE, UFRPE, 2016.

GENÓTIPOS	PF(g)		CF(cm)		LF(cm)		RCLF	
	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo
CNPH 135	212,61 Aa	244,49 Aa	12,92 Ab	15,26 Ad	8,10 Ba	9,00 Aa	1,59 Af	1,70 Af
CNPH 60	134,29 Bb	186,17 Ab	12,78 Bb	18,55 Ac	6,49 Bb	7,36 Ab	1,97 Af	2,54 Af
CNPH 51	115,13 Ac	144,47 Ac	15,44 Bb	21,40 Ac	5,01 Ac	4,71 Ad	3,17 Be	4,53 Ad
CIÇA F ₁	167,46 Bb	257,85 Aa	16,24 Bb	20,74 Ac	6,14 Bb	7,39 Ab	2,65 Af	2,80 Ae
CNPH 410	71,78 Bd	148,72 Ac	13,53 Ab	16,58 Ad	4,72 Bc	5,52 Ac	2,87 Ae	3,01 Ae
CNPH 84	62,35 Bd	108,76 Ac	15,75 Bb	22,33 Ac	3,16 Bd	4,17 Ad	4,97 Ac	5,36 Ad
CNPH 71	52,79 Ad	79,59 Ad	14,28 Bb	19,39 Ac	3,67 Ad	3,73 Ad	3,89 Bd	5,22 Ad
CNPH 668	52,11 Ad	50,25 Ad	7,04 Ad	8,60 Ae	4,70 Ac	4,68 Ad	1,51 Af	1,84 Af
K, Onaga F ₁	115,08 Bc	171,23 Ab	26,29 Ba	35,13 Aa	4,31 Ac	3,98 Ad	6,12 Bb	8,79 Ab
CNPH 146	86,27 Ac	108,68 Ac	10,98 Bc	14,60 Ad	5,93 Ab	5,62 Ac	1,85 Bf	2,62 Af
CNPH 140	58,54 Bd	126,81 Ac	13,14 Ab	14,14 Ad	3,57 Bd	6,02 Ac	3,68 Ad	2,35 Bf
CNPH 93	82,58 Bc	179,56 Ab	11,92 Bb	21,30 Ac	4,49 Bc	5,69 Ac	2,66 Bf	3,76 Ae
CNPH 47	171,96 Bb	234,38 Aa	13,84 Bb	21,57 Ac	7,49 Aa	7,20 Ab	1,85 Bf	3,12 Ae
CNPH 141	82,99 Ac	117,92 Ac	10,98 Ac	12,38 Ae	5,50 Ab	5,49 Ac	2,00 Af	2,26 Af
CNPH 67	91,91 Ac	125,91 Ac	12,38 Ac	13,68 Ad	5,86 Ab	6,15 Ac	2,10 Af	2,22 Af
CNPH 107	125,16 Ac	104,38 Ac	13,09 Bb	17,96 Ac	5,59 Ab	4,96 Ac	2,34 Bf	3,62 Ae
CNPH 53	194,17 Ba	266,00 Aa	12,23 Bc	15,92 Ad	8,08 Ba	8,86 Aa	1,54 Af	1,80 Af
CNPH 109	27,96 Bd	124,29 Ac	12,40 Ac	14,84 Ad	5,67 Ab	5,92 Ac	2,19 Af	2,51 Af
CNPH 79	75,43 Bd	151,36 Ac	13,41 Ab	15,98 Ad	4,18 Bc	6,22 Ac	3,22 Ae	2,58 Af
Ajimurasaki F ₁	57,95 Ad	77,02 Ad	23,58 Ba	32,39 Aa	2,48 Ae	2,51 Ae	9,52 Ba	12,94 Aa
CNPH 100	75,62 Ad	118,18 Ac	15,80 Bb	24,65 Ab	3,61 Ad	3,94 Ad	4,37 Bd	6,32 Ac
F, Market	205,39 Aa	123,73 Bc	14,08 Ab	16,70 Ad	7,47 Aa	7,49 Ab	1,89 Af	2,24 Af
QM (GEN.)	22388,84**		199,76**		19,79**		40,38**	
QM (AMB.)	78663,20**		946,09**		9,79**		23,68**	
QM (GxA)	3397,66**		15,17**		1,25**		2,14**	
Méd. (Casa de veg.)	105,43		14,18		5,28		3,08	
Méd. (Campo)	147,71		18,82		5,75		3,82	
CV%	23,88		13,29		9,35		15,48	

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

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

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a altas temperaturas e heterose em seus híbridos.

Tabela 3. Coeficientes de correlação fenotípica (r_f), genética (r_g) e ambiental (r_a) entre caracteres avaliados em genótipos de berinjela sob casa de vegetação e no campo. Recife-PE, UFRPE, 2016.

Caracteres	Correlações					
	r_F		r_G		r_E	
	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo	Casa de veg.	Campo
NFP x PP	0,57**	0,32	0,57	0,27	0,68	0,80
NFP x PF	-0,60**	-0,72**	-0,63	-0,78	-0,07	0,03
NFP x VP	0,04	-0,37	0,04	-0,40	0,07	-0,02
NFP x IPF	0,74**	0,65**	0,75	0,77	0,71	0,01
NFP x CF	0,15	0,03	0,15	0,02	0,07	0,14
NFP x LF	-0,66**	-0,62**	-0,69	-0,65	-0,04	0,10
NFP x RCLF	0,54	0,36	0,55	0,37	0,20	0,10
PP x PF	0,16	0,24	0,14	0,19	0,47	0,52
PP x VP	0,06	-0,24	0,05	-0,35	0,11	0,15
PP x IPF	0,59**	0,40	0,59	0,60	0,57	-0,08
PP x CF	0,24	0,35	0,24	0,38	0,25	0,37
PP x LF	-0,06	-0,02	-0,08	-0,06	0,23	0,34
PP x RCLF	0,23	0,23	0,24	0,26	0,12	0,22
PF x VP	0,00	0,21	-0,01	0,23	0,08	0,07
PF x IPF	-0,42	-0,34	-0,47	-0,39	0,01	-0,12
PF x CF	0,02	0,08	0,01	0,07	0,36	0,28
PF x LF	0,82**	0,77**	0,83	0,78	0,55	0,66
PF x RCLF	-0,38	-0,30	-0,39	-0,32	0,02	0,02
VP x IPF	0,10	-0,26	0,12	-0,34	0,03	0,10
VP x CF	0,11	-0,21	0,12	-0,23	0,07	0,01
VP x LF	-0,07	0,25	-0,11	0,27	0,16	0,01
VP x RCLF	0,16	-0,25	0,20	-0,27	-0,10	0,02
IPF x CF	0,40	0,21	0,46	0,26	-0,05	-0,17
IPF x LF	-0,62**	-0,46*	-0,69	-0,55	-0,01	0,05
IPF x RCLF	0,55**	0,34	0,61	0,41	-0,02	-0,23
CF x LF	-0,38	-0,48*	-0,40	-0,50	0,34	0,13
CF x RCLF	0,83**	0,88**	0,84	0,88	0,77	0,85
LF x RCLF	-0,74**	-0,74**	-0,75	-0,75	-0,21	-0,28

Índice de pegamento de frutos (IPF), viabilidade polínica (VP), número de frutos por planta (NFP), produtividade por planta (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF) e razão comprimento/largura do fruto (RCLF).

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

CAPÍTULO IV

CAPACIDADE COMBINATÓRIA E HETEROSE EM HÍBRIDOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS

4. CAPACIDADE COMBINATÓRIA E HETEROSE EM HÍBRIDOS DE BERINJELA SOB ALTAS TEMPERATURAS

4.1. Resumo

Este trabalho teve como objetivo estimar a capacidade combinatória e a heterose de híbridos F_1 's de berinjela em condições de altas temperaturas. Foram avaliadas sete linhagens, 12 combinações F_1 's oriundas de um dialelo parcial e o híbrido Ciça F_1 como testemunha. O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso com quatro repetições, conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural de Pernambuco entre os meses de agosto e dezembro de 2017. Os resultados da análise de variância evidenciaram maior importância da Capacidade geral de combinação (CGC) em relação à Capacidade específica de combinação (CEC) na maior parte dos caracteres, exceto para viabilidade polínica (VP). Conforme a estimativa da CGC, o genitor CNPH 135 foi o que apresentou os melhores resultados dentre os caracteres avaliados. O efeito da CEC foi importante no controle da maioria dos caracteres, exceto para comprimento do fruto (CF) e largura do fruto (LF). Tais resultados evidenciam a importância dos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos e indica a maior participação da ação gênica aditiva no controle da maioria dos caracteres de interesse para a seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas (CGC/CEC >1). Os híbridos F_1 's foram superiores às médias dos genitores, com heterose positiva em aproximadamente 25, 84, 75 e 75% das combinações, para os caracteres VP, índice de pegamento de frutos (IPF), número de frutos por planta (NFP) e produção por planta (PP) respectivamente. Enquanto que, para os demais caracteres foram observadas tanto heterose positiva quanto negativa para algumas combinações híbridas, que podem ser exploradas para a seleção de diferentes formatos e tamanhos de frutos.

Palavras-chaves: *Solanum melongena* L., dialelo parcial, pegamento de frutos, viabilidade polínica, produtividade.

4.2. Abstract

Combinatorial capacity and heterosis in hybrids of eggplants under high temperatures

This study has as goal to estimate the combinatorial capacity and the heterosis of F_1 hybrids of eggplants in conditions of high temperature. It was studied seven lineages, 12 F_1 combinations from partial diallel and a Ciça F_1 as witness. The experimental

design was done in randomized complete blocks with four replicates conducted in a greenhouse at Universidade Federal Rural de Pernambuco between the months of August and December of 2017. The results of the variance analysis point out a greater of general combining ability (GCA) in relation to the specific combining ability (SCA) in most of the characters, except for Pollen Viability (PV). According with the GCA estimated, the genitor CNPH 135 was the one that presented the best results among the several characters evaluated. The effect of SCA was important in the control of most characters, except for Fruit Length (FL) and Fruit Width (FW). Such results show the importance of additive and non-additive gene effects and indicate a larger participation of additive gene action in controlling most of the characters of interest for a selection of high-temperature tolerant genotypes ($GCA/SCA > 1$). The F_1 hybrids were superior to the average of genitors, with positive heterosis in approximately 25, 84, 75 and 75% of the combinations for characters PV, Index of fixation of fruits (IFF), number of fruits per plant (NFP) and production per plant (PP) respectively. While, for the remaining characters, both positive and negative heterosis were observed for some hybrid combinations, which could be explored for selection of fruits with different size and shape.

Key-words: *Solanum melongena* L.; partial diallel; index of fixation of fruits, pollen viability, productivity.

4.3. Introdução

A berinjela é uma olerícola da família solanácea e uma das poucas espécies do gênero *solanum* originária do velho mundo (Boiteux et al. 2016). É adaptada para cultivo nas regiões tropicais e subtropicais (Sekara et al. 2007). Há muitos séculos vem sendo cultivada por chineses e árabes (Antonini et al. 2002). No Brasil foi introduzida no século XVI pelos portugueses e incluída na alimentação dos brasileiros pelos árabes (Ribeiro et al. 1998).

No Brasil, a importância comercial da berinjela está na comercialização dos seus frutos, apesar da área cultivada no país ser relativamente pequena, em torno de 1550 hectares/ano, concentrada principalmente na região Centro-Sul (Boiteux et al. 2016). Os frutos contemplam uma grande diversidade de formas e cores normalmente brilhantes, o que leva a ser cultivada como planta ornamental, além do cultivo como olerícola (Nascimento e Freitas 2014).

De acordo com Antonini et al. (2002) está ocorrendo um crescente aumento no consumo de berinjela, por parte dos consumidores que procuram produtos mais saudáveis e com propriedades medicinais. Neste aspecto, a berinjela tem sido alvo de várias pesquisas decorrentes da disseminação de suas propriedades medicinais junto à população, podendo ressaltar sua utilização para a redução das taxas de gordura e de colesterol (Marques 2003), bem como a exigência dos consumidores por produtos de melhor qualidade, tem levado os produtores de berinjela a utilizarem cultivares híbridas de alta produtividade e qualidade de frutos (Antonini et al. 2002, Nascimento e Freitas 2014).

A temperatura adequada para o crescimento e desenvolvimentos da berinjela está entre 22 e 32°C e quando excede 32°C o rendimento é reduzido drasticamente (Baswana et al. 2006). Assim, a temperatura pode está sendo o fator limitante para a produtividade na Região Nordeste, pela influencia no pegamento de frutos, viabilidade de pólen entre outros fatores, causando imprevisibilidade na produtividade, principalmente em cultivos sob casa de vegetação, onde a temperatura interna tem sido superior à externa, principalmente no período mais quente do ano, quando há uma redução drástica na produtividade.

Os híbridos de berinjela podem ser sintetizados a partir de linhagens macho-estéreis ou pela emasculação e polinização manual (George 2009). Durante essa etapa a avaliação do desempenho das linhagens em combinações híbridas, bem como o seu potencial “*per se*” é um dos objetivos básicos num programa de melhoramento genético, em virtude do emprego dessas na formação de híbridos comerciais (Lemos et al. 2002). Para isso os cruzamentos dialélicos se mostram bastante eficientes, pois facilitam o entendimento dos efeitos genéticos envolvidos no controle dos caracteres, auxiliando na escolha dos melhores genitores e/ou das combinações híbridas mais promissoras (Ramalho et al. 1993).

As metodologias de análise dialélica comumente utilizadas são as de Hayman (1954), Griffing (1956) e Gardner e Eberhart (1966), bem como, modificações destas, adaptadas para dialelos parciais, em que são avaliados genitores dispostos em dois grupos, entre elas a de Miranda e Geraldi (1984) e Geraldi e Miranda Filho (1988), adaptados de Gardner e Eberhart (1966) e Griffing (1956) respectivamente.

Dentre as metodologias citadas, os dialelos parciais têm sido empregados, normalmente, como modelo alternativo na avaliação do desempenho de híbridos

obtidos a partir de plantas autógamas (Bernardo 2003). Têm possibilitado a obtenção das informações da presença e magnitude dos efeitos gênicos aditivos (CGC) e não-aditivos (CEC) além do efeito da heterose, sem que seja necessária a realização de cruzamentos entre todos os genitores (Cruz et al. 2012)

Assim, o presente trabalho teve por objetivo estimar a capacidade combinatória e heterose manifestada em híbridos experimentais obtidos de cruzamentos dialélicos entre grupos de linhagens de berinjela com potencial agrônômico, sob condições de altas temperaturas, de modo a identificar combinações promissoras para a seleção de genótipos superiores ou que sejam competitivos em relação às cultivares híbridas atualmente disponíveis no mercado.

4.4. Material e métodos

Na Casa de vegetação da Área de Fitotecnia, Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), durante os meses de maio e julho de 2017, foram realizados cruzamentos entre sete linhagens previamente selecionadas e oriundas do Banco de Germoplasma de Berinjela da Embrapa Hortaliças, segundo o esquema dialélico parcial 3x4. A caracterização dos genitores participantes do dialelo e da testemunha utilizada no experimento está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição dos genótipos para os caracteres: cor do fruto na maturação comercial (CFMC), distribuição da cor do fruto na maturação comercial (DCFM), curvatura do fruto (CUF), espinho no cálice do fruto (ECF), Recife-PE, UFRPE, 2017.

Genótipos	¹ CFMC	² DCFM	³ CUF	⁴ ECF
CNPH 135	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Intermediário
CNPH 60	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNHP 51	Roxo escuro	Uniforme	Levemente curvado	Nenhum
CNPH 47	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 141	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Poucos
CNPH 53	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CNPH 109	Roxo	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum
CIÇA F ₁	Roxo escuro	Uniforme	Nenhum (Fruto reto)	Nenhum

¹Cor do fruto na maturação comercial (1=verde; 2=branco; 3=amarelo; 4=vermelho claro; 5=vermelho escuro; 6=ilís acinzentado; 7=roxo; 8=roxo escuro; 9=preto); ²Distribuição da cor do fruto na maturação comercial (1=uniforme; 3=mosqueado; 5=rendado; 7=listado); ³Curvatura do fruto (1=nenhuma (fruto reto); 3=levemente curvado; 5=curvado; 7=em forma de serpente; 8= em forma de foice; 9=em forma de U); ⁴Espinhos no cálice do fruto (0=nenhum; 1=pouquíssimos (<3); 3=poucos (~5); 5=intermediário (~10); 7=muitos (~20); 9= muitíssimos (>30).

Nos meses de agosto a dezembro de 2017, foram avaliados 20 tratamentos (12 combinações híbridas do dialelo parcial 3x4, sete linhagens genitoras e o

híbrido Ciça F₁, como testemunha). O experimento foi conduzido no sistema hidropônico aberto com substrato, em casa de vegetação localizada na Área de Fitotecnia, Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Os dados micrometeorológicos captados durante o período do experimento (Figura 1) mostraram que a temperatura relativa do ar variou na faixa de 20 a 53°C e a umidade do ar entre 65 e 79%, caracterizando condições de altas temperaturas, visto que a temperatura ideal para berinjela se encontra entre 22 e 32°C e UR% de 80% (Ribeiro et al. 1998, Baswana et al. 2006).

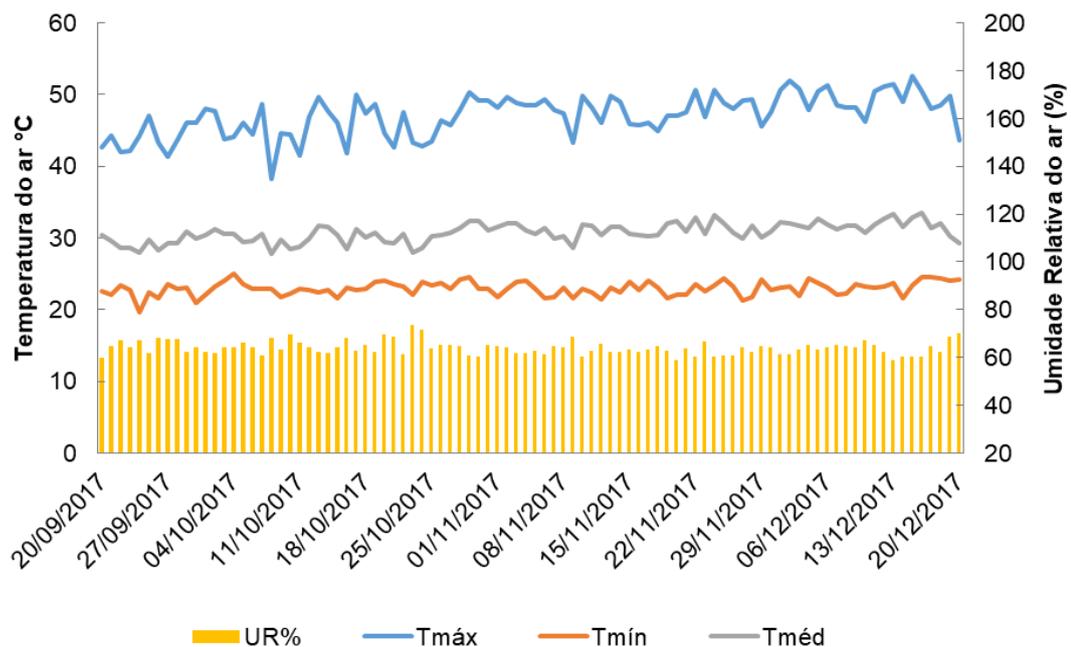


Figura 1. Umidade do Ar, Temperatura relativa do ar (máxima, mínima e média) na parte interna da casa de vegetação, entre os meses de setembro e dezembro de 2017. Recife-PE, UFRPE, 2017.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, utilizando como substrato o pó de coco peneirado. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação em hidroponia por subirrigação, até atingirem o ponto de transplante, o que ocorreu aos 21 dias, período em que as mudas foram transplantadas para os vasos com capacidade de 5L contendo como substrato inerte o pó de coco.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso com quatro repetições, em parcelas formadas por quatro vasos e uma planta por

vaso, espaçadas em 1,75 m entre fileira e 0,60 m entre plantas, onde foram avaliados os caracteres: índice de pegamento de frutos (IPF), viabilidade polínica (VP), número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), relação comprimento/largura do fruto (RCLF) e altura da planta (AP).

Os dados médios de cada caráter foram submetidos à análise de variância ($p < 0,01$) e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,01$). Para obtenção das estimativas de capacidades geral (CGC) e específica (CEC), as médias dos genitores e dos híbridos F_1 's foram submetidas à análise dialélica de acordo com o modelo de dialelo parcial proposto por Geraldi e Miranda Filho (1988) adaptado do modelo 2 proposto por Griffing (1956). As estimativas da heterose relativa à média dos pais foi obtida pela equação $H_r = [\bar{F}_1 / (\bar{P}_1 + \bar{P}_2 / 2) \times 100]$ para cada combinação híbrida F_1 . As análises foram realizadas utilizando-se o programa GENES (Cruz 2013).

4.5. Resultados e discussão

Os quadrados médios para tratamentos foram significativos pelo teste F ($p < 0,01$), o que é uma indicação da existência de diferenças genéticas entre os genitores e híbridos F_1 's para todos os caracteres analisados. Desse modo, foi desdobrada a soma de quadrados de tratamentos em soma de quadrados para capacidade geral e específica de combinação de acordo com Geraldi e Miranda Filho (1988) adaptado do modelo 2 proposto por Griffing (1956) (Tabela 2).

Na decomposição dos efeitos de tratamentos em Capacidade geral de combinação (CGC) e Capacidade específica de combinação (CEC) (Tabela 2), foram observadas diferenças significativas para CGC nos genitores do grupo I e II para todos os caracteres ($p < 0,01$), exceto Viabilidade polínica (VP), o que indica que os genitores dos grupos I e II são bastante divergentes e que a ação dos efeitos gênicos aditivos são capazes de influenciar na expressão desses caracteres. No mesmo sentido, os quadrados médios referentes à CEC também foram significativos ($p < 0,01$) e, portanto, os efeitos gênicos não-aditivos também atuam e são importantes no controle da maioria dos caracteres, excluindo Comprimento do fruto (CF) e Largura do fruto (LF) pela ausência de significância ($p < 0,01$), em que o desempenho dos cruzamentos podem ser previsto com base apenas nas estimativas da CGC (Gomide et al. 2008)

Todavia, ficou evidenciada a importância dos efeitos gênicos aditivos e não-aditivos, através dos quadrados médios significativos da CGC e CEC. Contudo, a CGC foi menor do que a CEC apenas para o caráter VP, o que indica a maior participação da ação gênica aditiva no controle da maioria dos caracteres de interesse para a seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas (Tabela 2). Complementando os resultados obtidos por Yi e Hou (2002), que concluíram que tanto os efeitos aditivos, quanto os não-aditivos, são importantes sobre a resistência ao calor, no entanto, com maior importância dos efeitos aditivos. Tais resultados concordam com os obtidos por Silva et al. 1999 para os caracteres CF, LF, Número de frutos por planta (NFP) e Produção por planta (PP).

O predomínio da ação gênica aditiva favorece o melhoramento genético por meio de seleção, pois um indivíduo ou grupo de indivíduos superiores quando selecionados produzirão uma descendência também superior, enquanto que a interação de dominância dificulta a seleção de indivíduos superiores, uma vez que a descendência deste indivíduo terá comportamento inferior ao dele próprio. Por outro lado, efeitos não aditivos podem ser explorados na obtenção de combinações híbridas promissoras, pois a interação de dominância favorece a obtenção de híbridos superiores, sobretudo aqueles oriundos de genitores com efeitos favoráveis de CGC (Souza et al. 2013).

Nos caracteres importantes para a seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas, pode ser verificado, pelas estimativas dos efeitos da CGC do grupo I, que somente os genitores CNPH 135 e CNPH 109 apresentaram estimativas positivas para os caracteres índice de pegamento do fruto (IPF), NFP e PP embora tendam a causar a redução na VP. Já para o grupo II o genitor CNPH 51 se destacou com valores de CGC positivos para todos os caracteres de interesse, o que denota um incremento favorável desses caracteres nos cruzamentos em que é incluído, tanto quanto ao genitor CNPH 141, embora tenda a causar redução na VP (Tabela 3). Altas estimativas de CGC, positivas ou negativas, indicam que o genitor é melhor ou pior que os demais, com relação ao comportamento médio dos cruzamentos (Griffing 1956) e são preferidos para constituir novas populações, por favorecerem a seleção de linhagens (Miranda et al. 1988).

No entanto, as amplitudes de variação das estimativas de CGC dentro do grupo I (2,08%, 1,89 e 429,46 g/planta respectivamente para IPF, NFP e PP) foram maiores em relação às amplitudes das CGC do grupo II (1,38%, 1,01 e 301,09

g/planta respectivamente para IPF, NFP e PP). Desta maneira, a seleção de genitores para maior tolerância a altas temperaturas podem ser feitas, preferencialmente, dentro do grupo II com a escolha de um ou do outro genitor de maior CGC. Contudo, entre os três genitores do grupo I, o CNPH 135 foi considerado superior, evidenciando seu maior potencial para incremento desses caracteres e sugerindo sua utilização nos cruzamentos para seleção de genótipos superiores.

É importante também que genótipos tolerantes a altas temperaturas apresentem tamanho e formato de frutos atrativos para comercialização, neste aspecto, as estimativas de CGC foram tanto positivas quanto negativas para caracteres como Peso do fruto (PF), CF, LF, Relação comprimento/largura do fruto (RCLF) e Altura de planta (AP) (Tabela 3). Esse resultado evidencia que tais genitores podem ser utilizados em diferentes finalidades, de acordo com objetivos definidos, visando à seleção de novos cultivares ou obtenção de híbridos. Principalmente devido variabilidade fenotípica que a berinjela apresenta para esses caracteres e possibilidades de mercado para frutos de diferentes formatos e tamanhos.

Dessa forma, conforme os resultados observados para o PF, em média, o genitor CNPH 47 do grupo I e os genitores CNPH 53 e CNPH 60 do grupo II, apresentam maior quantidade de genes com efeitos aditivos favoráveis para aumento desse caráter, em comparação com o genitor CNPH 135 do grupo I e genitores CNPH 109, CNPH 51 e CNPH 141 do grupo II. Já que, quando a CGC é negativa e alta, demonstra potencial de contribuir na redução dos caracteres, quando utilizada em cruzamentos (Souza Neto et al. 2015). Por outro lado, os genitores CNPH 135 e CNPH 53 e CNPH 141 tiveram CGC positiva para IPF, NFP e PP. Enquanto que, para os genitores CNPH 47 e CNPH 51 as estimativas de CGC foram negativas para IPF, NFP e PP e destaca a importância de um limite de seleção para esses caracteres, de modo que a adoção apenas de genitores com CGC positiva para IPF, NFP e PP não cause redução indesejada no PF (Tabela 3).

No mesmo sentido, as estimativas de CGC para os caracteres CF, LF, RCLF e AP mostraram valores negativos e positivos (Tabela 3). Enquanto os genitores CNPH 135 e CNPH 53 favorecem o incremento da LF e redução nos caracteres CF e RCLF, o contrário ocorre para os genitores CNPH 109 e CNPH 51, que tendem a incrementar o CF e RCLF, com a redução da LF e no genitor CNPH 47 e CNPH 60

com o aumento do CF e LF e redução da RCLF. O genitor CNPH 141 apresentou valores negativos para os caracteres PF, CF, LF e RCLF, indicando inferioridade em relação aos demais e sugerindo que sua utilização em cruzamentos provavelmente não resultará em progênies superiores.

Para a AP as estimativas de CGC foram em grande parte positivas, e em média próximas de zero, exceto para os genitores CNPH 135, CNPH 53 que apresentaram estimativas negativas, porém próximas de zero. Estimativas de CGC próximas de zero indicam que o genitor não difere da média geral dos cruzamentos (Griffing 1956). Diferente do resultado obtido para genitor CNPH 141 com CGC negativa de -0,13, o que denota sua capacidade em reduzir a AP nos cruzamentos em que são incluídos (Tabela 3).

Os efeitos não-aditivos, indicados pelas estimativas de CEC, também são importantes na expressão dos caracteres importantes para a seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas. No tocante a CEC, para os caracteres VP, IPF, NFP e PP as combinações híbridas CNPH 135 x CNPH 51 e CNPH 47 x CNPH 60 apresentaram as estimativas mais favoráveis, embora tenham apresentado CEC negativa para PF. Já para as combinações CNPH 135 x CNPH 60, CNPH 135 x CNPH 141 e CNPH 109 x CNPH 51 as estimativas de CEC foram negativas para PF, exceto CNPH 109 x CNPH 51, e positivas, porém de menores valores para IPF, NFP e PP (Tabela 3).

Contudo, as melhores combinações híbridas são aquelas que apresentam elevados efeitos da CEC, positivos ou negativos e que sejam provenientes do cruzamento de genitores divergentes, no qual, pelo menos um deles apresente elevada CGC (Griffing 1956, Cruz e Vencovsky 1989). De acordo com essa definição, as combinações CNPH 135 x CNPH 51, CNPH 135 x CNPH 41 e CNPH 109 x CNPH 51 apresentaram estimativas positivas tanto para CGC quanto para CEC, demonstrando maior potencial de uso em cruzamentos para seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas (Tabela 3).

Já em relação às estimativas da CEC para os demais caracteres, verifica-se que para PF, os maiores efeitos foram observados para as combinações CNPH 47 x CNPH 53 (47,02 g.planta⁻¹) e CNPH 109 x CNPH 141 (47,02 g.planta⁻¹) revelando que o uso dos referidos genitores em programas de melhoramento poderá produzir progênies com maior PF. Já em relação aos caracteres CF, LF e RCLF as

estimativas para CEC foram positivas em 84% das combinações para cada caráter. Esses resultados indicam que esses genitores podem ser incluídos em cruzamentos, direcionados à obtenção de frutos de diferentes formatos e tamanhos (Tabela 3). Entretanto, para a AP as estimativas de CEC tiveram valores positivos e negativos, porém próximos de zero, mostrando que o desempenho do híbrido ocorreu conforme esperado em relação aos seus genitores (Tabela 3).

As linhagens além de serem potencialmente promissoras para uso em programas de melhoramento para a tolerância a altas temperaturas, também devem apresentar a capacidade de gerar híbridos F_1 's com alta heterose, qualidade e produtividade superior ou semelhante às cultivares existentes no mercado. Neste aspecto, dentre os caracteres de importância para cultivo sob altas temperaturas, os híbridos F_1 's foram superiores às médias dos pais, com heterose positiva em aproximadamente 25, 84, 75 e 75% das combinações, respectivamente para os caracteres VP, IPF, NFP e PP (Tabela 4). Estimativas de heterose positiva, bem como, negativa em híbridos F_1 's de berinjela são relatados para o NFP e PP por diversos autores Dharwad et al. (2011), Singh et al. (2012), Kumar et al. (2013), Dubey et al. (2014), Reddy e Patel (2014), Singh et al. (2016), Patel et al. (2017) e Sivakumar et al. (2017).

A percentagem de viabilidade de pólen nos genótipos variaram entre 15,63% para a Ciça F_1 , a 73,54% para o híbrido F_1 CNPH 135 x CNPH 53. Os híbridos F_1 's, CNPH 135 x CNPH 53 e CNPH 135 x CNPH 51, provenientes do cruzamento com o genitor CNPH 135, que apresentou CGC negativa para esse caráter, apresentaram as maiores médias e estimativas de heterose positiva, de 137,84 e 56,03% respectivamente, demonstrando a importância dos efeitos não aditivos na expressão deste caráter. Contudo, outras combinações não diferiram dos híbridos F_1 's CNPH 135 x CNPH 53 e CNPH 135 x CNPH 51, todavia, apresentaram valores de heterose negativos para a percentagem de viabilidade de pólen, o que não é interessante, mesmo assim, 40% dos genótipos (genitores e F_1 's) tiveram média superior a Ciça F_1 (Tabela 4).

Em geral os híbridos F_1 's apresentaram um bom índice de pegamento de fruto, já que as médias para a maioria deles foram superiores aos dos genitores do grupo I e II, com variação entre 6,03% para o CNPH 53 e 36,01% para o híbrido F_1 CNPH 135 x CNPH 51 (Tabela 4). Em 83,33% das combinações híbridas, os valores de heterose foram positivos, com destaque para o híbrido F_1 CNPH 135 x CNPH 51

com média de 36,01% e Heterose relativa (Hr) de 146,29% e uma diferença de 24,66% em relação à Ciça F₁ que apresentou IPF de 11,35%.

O NFP e PP são caracteres agrônômicos importantes, porém quando se considera a seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas, esses caracteres por si só não são suficientes para a seleção, devendo-se considerar caracteres como VP e IPF. Todavia, os resultados mostram que as médias para VP e IPF foram baixas e inferiores a 50 e 20%, porém com amplitude de variação de aproximadamente 42 e 30% respectivamente (Tabela 2). Tais resultados foram inferiores aos obtidos por Baswana et al. (2006) para a variedade tolerante e susceptível, respectivamente cultivadas no verão.

Observa-se que apesar do IPF e VP terem sido baixos, esses resultados não refletiram de forma significativa na redução do NFP e PP, já que a maioria dos genótipos tiveram NFP superior a 10 frutos.planta⁻¹ e produtividade superior a 1000 g.planta⁻¹. O híbrido F₁ CNPH 135 x CNPH 51 obteve melhor desempenho e heterose para o NFP (25,06 frutos.planta⁻¹, Hr=147,50%), enquanto os híbridos F₁'s CNPH 135 x CNPH 51, CNPH 135 x CNPH 60, CNPH 135x CNPH 141, CNPH 109 x CNPH 51 e CNPH 109 x CNPH 60 as melhores performances e heterose positiva para a PP. Em 75% das combinações híbridas, os valores de Hr foram positivos para NFP e PP, a maioria apresentaram valores médios superiores a Ciça F₁ (Tabela 4).

Os genitores CNPH 135, CNPH 47, CNPH 60, os híbridos F₁'s CNPH 135x CNPH 60, CNPH 135 x CNPH 53, CNPH 47 x CNPH 60, CNPH 47 x CNPH 53 e CNPH 109 x CNPH 60 apresentaram maior peso de fruto, não diferindo do híbrido Ciça F₁ (Tabela 3). Nos híbridos F₁'s de melhor desempenho, apenas nas combinações CNPH 47 x CNPH 53 e CNPH 135 x CNPH 53 a heterose foi positiva, 33,24 e 9,28% respectivamente. Tais resultados são semelhantes aos obtidos por Shafeeq et al. (2007), Reddy e Patel (2014) para heterose positiva no caráter PF em combinações híbridas F₁'s de berinjela.

Valores negativos e positivos para o caráter RCLF foram observados, sendo que a maioria, aproximadamente 67% das combinações híbridas F₁'s foram positivas. Enquanto que para os demais, os valores foram negativos, com destaque para o híbrido F₁ CNPH 47 x CNPH 51 (Hr = -13,64) (Tabela 5). Todavia, por ser um caráter relacionado ao formato do fruto, os resultados obtidos podem ser

considerados de duas maneiras, quando o objetivo for à obtenção de frutos de formato mais esféricos em que os valores devem está próximos da unidade ou para obtenção de frutos mais alongados, em que, esses valores devem superar a unidade. Contudo, para esse caráter as médias concentraram-se entre 1,51 (CNPH 135) e 3,81 (CNPH 51) e apenas a combinação CNPH 109 x CNPH 51 não diferiu do híbrido Ciça F₁.

No entanto, a avaliação da RCLF, por si só, não é interessante, pois genótipos que produzem frutos pequenos poderão ter uma RCLF considerada ideal, o que poderá resultar na classificação errada do tamanho do fruto. Desta forma, as medidas de comprimento e largura do fruto bem como a RCLF são essenciais para esta distinção e as médias e valores de heterose podem ser analisados sob duas perspectivas, já que é possível selecionar genótipos de diferentes formatos e tamanhos.

Para o CF a heterose foi positiva em cerca de 80% dos híbridos F₁'s, destacando-se o híbrido F₁ CNPH 47 x CNPH 60 com maior heterose média de 17,49 cm. Todavia, o melhor desempenho foi obtido pelo híbrido Ciça F₁, com média de 21,04 cm, diferindo dos híbridos F₁'s do dialelo parcial. Por outro lado para a LF os valores foram negativos em 58% dos híbridos F₁'s, mesmo assim, as médias dos híbridos F₁'s foram superiores ou semelhantes ao do híbrido Ciça F₁, porém muitos deles não diferiram dos genitores CNPH 135, CNPH 47, CNPH 60 e CNPH 53 que também apresentaram bom desempenho para LF (Tabela 5). Resultados semelhantes foram relatados por Sao e Mehta (2010), Singh et al. (2012), Kumar et al. (2013), Dubey et al. 2014, Sivakumar et al. (2017).

Já em relação a AP, os resultados mostraram que em aproximadamente 83% das combinações híbridas F₁'s a heterose foi positiva, exceto nas combinações híbridas F₁'s CNPH 109 x 60 e CNPH 109 x 141. Resultados semelhantes foram obtidos por Sao e Mehta (2010), Magar et al. (2016) e Sivakumar et al. (2017). Em 91,67% dos híbridos F₁'s as médias para AP não difeririam dos genitores CNPH 47, CNPH 109, CNPH 60 e do híbrido Ciça F₁ (Tabela 5).

4.6. Conclusões

Tanto os efeitos gênicos aditivos quanto os não-aditivos mostraram-se importantes para a seleção de genótipos de berinjela tolerantes a altas temperaturas.

Foi detectada variabilidade genética para caracteres referentes ao tamanho e formato dos frutos para exploração de híbridos em programas de melhoramento de berinjela.

O genótipo CNPH 135 destacou-se como bom combinador por apresentar boa capacidade geral de combinação para a maioria dos caracteres avaliados.

A maioria das combinações híbridas F_1 's apresentaram valores de heterose positiva para os caracteres índice de pegamento de fruto, número de frutos por planta, produção por planta e peso do fruto.

As combinações CNPH 135 x CNPH 51, CNPH 135 x CNPH 41 e CNPH 109 x CNPH 51 apresentaram estimativas positivas tanto para CGC quanto para CEC, demonstrando maior potencial de uso em cruzamentos para seleção de genótipos tolerantes a altas temperaturas.

4.7. Agradecimentos

A Capes pela concessão da bolsa e a Embrapa Hortaliças pela cessão dos acessos.

4.8. Referências

- Antonini ACC, Robles WGR, Tessarioli Neto J and Kluge RA (2002) Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira** **20**: 646-648.
- Baswana KS, Dahiya MS, Kalloo NK, Sharma BS, Dhankhar BS and Dudi BS (2006) Brinjal HLB-25: A high temperature tolerant variety. **Haryana Journal of Horticultural Sciences** **35**: 318-319.
- Bernardo R (2003) **Breeding for quantitative traits in plants**. Stemma Press, Woodbury, 369p.
- Boiteux LS, Mendonça LJ, Fonseca MEN, Reis A, Vilela NJ, González-Arcos M and Nascimento MN (2016) Melhoramento de berinjela. In Nick C and Borém A (eds) **Melhoramento de Hortaliças**. Editora UFV, Viçosa, p.15-192.
- Cruz CD and Vencovsky R (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética** **12**: 425-38
- Cruz CD (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum** **35**: 271-276.

- Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2012) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4th edn, Editora UFV, Viçosa, 514p.
- Dharwad NA, Patil AS and Salimath PM (2011) Heterosis and combining ability analysis for productivity traits in brinjal (*Solanum melongena* L.). **Karnataka Journal of Agricultural Sciences 24**: 622-625.
- Dubey R, Das A, Ojha MD, Saha B, Ranjan A and Singh PK (2014) Heterosis and combining ability studies for yield and yield attributing traits in brinjal (*Solanum melongena* L.). **The Bioscan 9**: 889-894.
- Gardner CO and Eberhart SA (1966) Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics 22**: 439-452.
- George RAT (2009) **Vegetable seed production**. CABI Publishing, London, 320p.
- Geraldi IO and Miranda Filho JB (1988) Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética 11**: 419-30.
- Gomide ML, Maluf WR and Gomes LAA (2008) Capacidade de combinação de linhagens elite de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Ciência e Agrotecnologia 32**: 740-748.
- Griffing B (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences 9**: 463-493.
- Hayman BI (1954) The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics 39**: 789- 809.
- Kumar SR, Arumugam T, Anandakumar CR, Balakrishnan S and Rajavel DS (2013) Heterosis expression, interrelationship, direct and indirect effects of component characters on yield in intervarietal crosses of eggplant. **African Journal of Biotechnology 12**: 6366-6375.
- Lemos MA, Gama EEG, Menezes D, Santos VF and Tabosa JN (2002) Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superdoce em um dialelo completo. **Horticultura Brasileira 20**: 167-170.
- Magar PG, Magar VG and Gaikwad SS (2016) Heterosis studies for growth and flowering characters in brinjal (*Solanum melongena* L.). **International Journal of Tropical Agriculture 34**: 2279-2281.

- Marques DC (2003) Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água. Editora UFLA, lavras, 55p.
- Miranda JEC, Costa CP and Cruz CD (1988) Análise dialélica em pimentão. I. Capacidade combinatória. **Revista Brasileira de Genética 11**: 431-440.
- Miranda Filho JB and Geraldi IO (1984) An adapted model for th analysis of partial dialel crosses. **Revista Brasileira de Genética 7**: 677-88.
- Nascimento WM and Freitas RA (2014) Produção de sementes de berinjela. In Nascimento WM (ed) **Produção de sementes de hortaliças II**. Embrapa, Brasília, p. 53-74.
- Patel AA, Gohil DP, Dhruve JJ and Damor HI (2017) Heterosis for fruit yield and its quality characters in brinjal (*Solanum melongena* L.). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6**: 975-978.
- Ramalho MAP, Santos JB and Zimmermann MJO (1993) **Genética quantitativa em plantas autógamias: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Editora da UFG, Goiânia, 271p.
- Reddy EEP and Patel AI (2014) Heterosis Studies for Yield and Yield Attributing Characters in Brinjal (*Solanum Melongena* L.). **Journal of Recent Advances in Agriculture 2**: 175-180.
- Ribeiro CSC, Brune S and Reifschneider FJB (1998) **Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.)**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 24p. (Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças 15).
- Sao A and Mehta N (2010) Heterosis in relation to combining ability for yield and quality attributes in Brinjal (*Solanum melongena* L.). **Electronic Journal of Plant Breeding 1**: 783-788.
- Sekara A, Cebul S and Kunicki E (2007) Cultivated eggplants - origin, breeding objectives and genetic resources, a review. **Horticulturae 19**: 97-114.
- Shafeeq A, Madhusudan K, HanchinaL RR, Vijayakumar AG and Salimath PM (2007) Heterosis in brinjal. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences 20**: 33-40.

- Silva DJH, Costa CP, Casali VWD, Dias LAS and Cruz CD (1999) Relação entre divergência genética de acessos de berinjela e desempenho de seus híbridos. **Horticultura Brasileira** 17: p. 129-133.
- Singh AP, Naik MR, Prasad Indivar, Dapke JS and Patel NM (2016) Heterosis for fruit yield in diverse Brinjal (*Solanum melongena* L.) germplasm. **International Journal of Applied and Pure Science and Agriculture** 2: 211-215,
- Singh K, Sidhu AS and Kumar A (2012) Heterosis for fruit yield and its components in brinjal (*Solanum melongena* L.). **Journal of Horticultural Science** 7: 142-144.
- Sivakumar V, Jyothi KU, Venkataramana C and Rajyalakshmi R (2017) Estimation of Heterosis for Yield and Yield Components in Brinjal (*Solanum melongena* L.) Over Locations. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6: 1074-1081.
- Souza FF, Dias RCS and Queiroz MA (2013) Capacidade de combinação de linhagens avançadas e cultivares comerciais de melancia. **Horticultura Brasileira** 31: 595-601.
- Souza Neto IL, Pinto RJB, Scapim CA, Cabrera CJ, Figueiredo AST and Bignotto LS (2015) Diallel analysis and inbreeding depression of hybrid forage corn for agronomic traits and chemical quality. **Bragantia** 74: 42-49.
- Yi JX and XL Hou (2002) Inheritance of high temperature tolerance in eggplant (*Solanum melongena* L.) **Acta Horticulturae Sinica** 29: 529-532.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a altas temperaturas e heterose em seus híbridos.

Tabela 2. Quadrados médios da análise dialélica parcial para viabilidade polínica (VP), índice de pegamento de frutos (IPF), número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), razão comprimento/largura do fruto (RCLF) e altura da planta (AP) em genótipos de berinjela submetidos a altas temperaturas. Recife-PE, UFRPE, 2017.

FV	GL	Quadrados médios								
		VP (%)	IPF (%)	NFP	PP (g)	PF (g)	CF (cm)	LF (cm)	RCLF	AP (m)
Genótipos	18	543,97**	203,30**	124,65**	1772648,98**	5963,16**	14,38**	4,06**	1,18**	0,13**
Grupos	1	39,84 ^{ns}	13,88 ^{ns}	1,87 ^{ns}	1019237,18*	11437,15**	4,95 ^{ns}	1,11 ^{ns}	0,97**	0,27**
CGC grupo I	2	213,22 ^{ns}	176,49**	234,94**	4872690,04**	2485,72*	45,36**	4,80**	2,23**	0,26**
CGC grupo II	3	303,25 ^{ns}	527,46**	318,91**	2824165,37**	22087,91**	46,99**	19,14**	4,96**	0,27**
CEC I x II	12	701,29**	142,51**	67,94**	1055880,69**	2055,39**	1,85 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,08**	0,06**
Resíduo	57	129,17	25,61	6,87	260006,63	815,93	1,53	0,55	0,03	0,01
Média		40,62	16,53	9,94	1561,37	168,71	15,60	6,93	2,32	1,94
CV(%)		27,98	30,62	26,37	32,66	16,93	7,94	10,78	7,66	7,24

^{ns} não significativo. * significativo pelo teste F (P<0,05); ** significativo pelo teste F (P<0,01)

Tabela 3. Estimativas da capacidade geral de combinação (g_i e g_{ij}) e capacidade específica de combinação (s_{ij}) de 12 combinações híbridas resultantes de cruzamentos dialélicos parciais. Recife-PE, UFRPE, 2017.

Parâmetro	Caracteres ⁽¹⁾								
	VP (%)	IPF (%)	NFP	PP (g)	PF (g)	CF (cm)	LF (cm)	RCLF	AP (m)
Capacidade geral de combinação (Grupo 1) (g_i)									
g_1 CNPH 135	-0,40	2,55	2,41	332,80	-4,78	-1,30	0,21	-0,23	-0,09
g_2 CNPH 47	2,76	-2,07	-2,93	-429,46	10,17	0,29	0,23	-0,04	0,08
g_3 CNPH 109	-2,35	0,47	0,52	96,66	-5,38	1,01	-0,44	0,28	0,01
DP (si)	1,64	0,73	0,37	73,59	4,12	0,17	0,10	0,025	0,02
Capacidade geral de combinação (Grupo 2) (g_{ij})									
$g_{1,1}$ CNPH 51	3,63	2,82	3,26	331,45	-18,33	1,45	-0,91	0,60	0,05
$g_{2,2}$ CNPH 60	-0,26	-1,76	-1,50	70,42	30,96	0,54	0,34	-0,08	0,09
$g_{3,3}$ CNPH 53	0,91	-5,26	-4,01	-432,25	15,95	-0,42	0,96	-0,35	-0,01
$g_{4,4}$ CNPH 141	-4,28	4,20	2,25	30,36	-28,58	-1,15	-0,39	-0,16	-0,13
DP (si)	1,86	0,82	0,42	83,45	4,67	0,20	0,12	0,02	0,02
Capacidade específica de combinação									
$s_{1,1'}$ CNPH 135 x CNPH 51	12,11	13,80	9,33	676,84	-28,71	-0,33	-0,70	0,10	0,07
$s_{1,2'}$ CNPH 135 x CNPH 60	-4,90	0,00	1,79	413,06	-5,18	-0,20	-0,03	-0,02	0,05
$s_{1,3'}$ CNPH 135 x CNPH 53	31,16	0,64	-0,69	318,31	11,79	0,67	-0,00	0,07	0,06
$s_{1,4'}$ CNPH 135 x CNPH 141	-6,67	1,65	2,41	318,43	-3,02	0,33	0,05	0,01	0,16
$s_{2,1'}$ CNPH 47 x CNPH 51	1,81	-1,89	-0,63	-38,20	-13,15	-0,26	0,44	-0,32	0,09
$s_{2,2'}$ CNPH 47 x CNPH 60	0,86	7,24	2,07	431,95	-2,13	1,36	0,15	0,16	-0,00
$s_{2,3'}$ CNPH 47 x CNPH 53	-16,87	-3,10	-0,84	-221,05	47,02	0,15	0,08	0,00	0,09
$s_{2,4'}$ CNPH 47 x CNPH 141	-1,09	-4,63	-2,62	-297,74	-21,36	0,50	-0,29	0,18	0,00
$s_{3,1'}$ CNPH 109 x CNPH 51	-11,90	2,34	0,85	389,72	17,38	0,48	0,32	-0,07	-0,16
$s_{3,2'}$ CNPH 109 x CNPH 60	-1,74	-0,14	2,74	488,57	-7,33	0,62	-0,11	0,13	-0,07
$s_{3,3'}$ CNPH 109 x CNPH 53	-0,18	1,58	1,07	-9,37	-15,78	-0,40	-0,38	-0,02	0,11
$s_{3,4'}$ CNPH 109 x CNPH 141	-3,23	1,26	-2,51	-199,18	27,30	-0,22	0,10	-0,04	-0,09

⁽¹⁾ Viabilidade polínica (VP), Índice de pegamento de frutos (IPF), número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP), peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), razão comprimento/largura do fruto (RCLF) e altura da planta (AP).

Tabela 4. Médias dos genitores, testemunha, híbridos F₁ e heterose relativa a médias dos pais (H_r) para híbridos F₁ para os caracteres viabilidade polínica (VP), índice de pegamento de frutos (IPF), número de frutos por planta (NFP), produção por planta (PP). UFRPE, Recife, PE, 2017.

Genótipos	Caracteres ⁽¹⁾							
	VP(%)		IPF(%)		NFP		PP(g/planta ⁻¹)	
	Médias	H _r	Médias	H _r	Médias	H _r	Médias	H _r
CNPH 135	24,00 b		14,58 c		8,18 c		1568,12 b	
CNPH 47	53,83 a		14,60 c		4,93 c		969,43 c	
CNPH 109	44,50 a		14,07 c		9,75 c		1624,31 b	
CNPH 135 x CNPH 51	57,20 a	56,03	36,01 a	146,29	25,06 a	147,50	2915,43 a	88,11
CNPH 135 x CNPH 60	36,29 b	4,55	17,63 c	49,15	12,75 b	109,18	2390,62 a	97,16
CNPH 135 x CNPH 53	73,54 a	137,84	14,77 c	43,19	7,75 c	44,99	1793,20 b	75,58
CNPH 135 x CNPH 141	30,50 b	-4,68	25,25 b	26,28	17,12 b	40,52	2255,93 a	45,5
CNPH 47 x CNPH 51	50,08 a	-2,91	15,70 c	7,31	9,75 c	14,70	1438,12 b	15,00
CNPH 47 x CNPH 60	45,23 a	-8,86	20,24 b	71,16	7,68 c	72,03	1647,25 b	80,39
CNPH 47 x CNPH 53	28,66 b	-37,45	6,38 c	-38,08	2,25 d	-39,51	491,56 c	-31,90
CNPH 47 x CNPH 141	39,25 b	-16,34	14,33 c	-28,35	6,75 c	-36,11	877,50 c	-29,86
CNPH 109 x CNPH 51	31,25 b	-33,39	21,53 b	49,87	14,68 b	34,70	2392,18 a	51,60
CNPH 109 x CNPH 60	37,50 b	-16,59	14,44 c	25,00	11,81 b	71,78	2230,00 a	79,75
CNPH 109 x CNPH 53	40,25 b	-2,23	12,67 c	26,10	7,62 c	24,57	1229,37 b	17,15
CNPH 109 x CNPH 141	32,00 b	-24,26	21,83 b	10,61	10,31 c	-20,50	1502,18 b	-4,83
CNPH 51	49,33 a		14,66 c		12,06 b		1531,56 b	
CNPH 60	45,71 a		9,04 c		4,00 d		856,87 c	
CNPH 53	37,83 b		6,03 c		2,50 d		474,37 c	
CNPH 141	40,00 b		25,40 b		16,18 b		1532,81 b	
Ciça F ₁	15,63 b		11,35 c		7,68 c		1506,56 b	

As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 1 % de probabilidade.

Tabela 5. Médias dos genitores, testemunha, híbridos F₁ e heterose relativa a médias dos pais (H_r) para híbridos F₁ para os caracteres peso do fruto (PF), comprimento do fruto (CF), largura do fruto (LF), razão comprimento/largura do fruto (RCLF), altura da planta (AP). UFRPE, Recife, PE, 2017.

Genótipos	Caracteres ⁽¹⁾									
	PF(g/planta ⁻¹)		CF(cm)		LF (cm)		RCLF		AP (m)	
	Médias	H _r	Médias	H _r	Médias	H _r	Médias	H _r	Médias	H _r
CNPH 135	191,91 a		12,02 d		7,92 a		1,51 e		1,65 b	
CNPH 47	204,08 a		14,57 c		7,41 a		1,96 e		2,11 a	
CNPH 109	167,37 b		16,66 b		6,29 b		2,65 c		2,01 a	
CNPH 135 x CNPH 51	116,79 c	-26,03	15,1 c	-1,69	5,55 b	-13,34	2,74 c	2,62	1,96 a	14,53
CNPH 135 x CNPH 60	189,63 a	-7,38	14,32 c	2,54	7,47 a	-2,60	1,91 e	4,91	1,99 a	7,56
CNPH 135 x CNPH 53	191,61 a	9,28	14,22 c	6,71	8,13 a	- 2,92	1,75 e	8,02	1,90 a	13,77
CNPH 135 x CNPH 141	132,24 c	-6,09	12,76 d	5,02	6,81 b	-2,15	1,87 e	5,61	1,88 a	17,50
CNPH 47 x CNPH 51	147,32 b	-10,17	16,76 b	0,84	6,70 b	9,01	2,50 c	-13,64	2,16 a	11,56
CNPH 47 x CNPH 60	207,64 a	-1,51	17,49 b	14,72	7,69 a	3,49	2,29 d	11,43	2,11 a	1,68
CNPH 47 x CNPH 53	241,79 a	33,28	15,30 c	4,75	8,24 a	1,41	1,87 e	1,35	2,09 a	10,81
CNPH 47 x CNPH 141	128,86 c	-12,28	14,52 c	8,11	6,49 b	-3,42	2,23 d	11,22	1,89 a	3,56
CNPH 109 x CNPH 51	162,29 b	11,43	18,25 b	3,25	5,90 b	5,72	3,09 b	-4,48	2,17 a	14,73
CNPH 109 x CNPH 60	186,88 a	-2,91	17,48 b	7,30	6,73 b	-1,82	2,60 c	8,55	1,97 a	-2,46
CNPH 109 x CNPH 53	163,43 b	0,22	15,48 c	-1,14	7,08 a	-6,21	2,17 d	-0,68	2,05 a	11,35
CNPH 109 x CNPH 141	161,98 b	26,00	14,52 c	0,31	6,20 b	0,89	2,34 d	-0,21	1,72 b	-2,80
CNPH 51	123,92 c		18,68 b		4,89 b		3,81 a		1,78 b	
CNPH 60	217,60 a		15,91 c		7,43 a		2,14 d		2,04 a	
CNPH 53	158,75 b		14,65 c		8,83 a		1,71 e		1,68 b	
CNPH 141	89,72 c		12,28 d		6,02 b		2,04 d		1,53 b	
Ciça F ₁	190,33 a		21,04 a		6,75 b		3,12 b		2,05 a	

As médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 1% de probabilidade.

VALADARES, R.N. seleção de linhagens de berinjela tolerantes a alta temperatura e heterose em seus híbridos.

ANEXOS

NORMAS DE REDAÇÃO DE DISSERTAÇÃO OU TESE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS

1. Normas Gerais

1.1. Dissertação constitui o produto final de pesquisas desenvolvidas em cursos de Mestrado e a Tese constitui o produto final de pesquisas desenvolvidas em cursos de Doutorado. Exigem investigações próprias à área de especialização e métodos específicos.

1.2. A Dissertação ou Tese é de responsabilidade do discente, da Comissão Orientadora e da Banca Examinadora.

2. Estrutura

2.1. A Dissertação ou Tese deverá ser composta de: (i) capa, (ii) páginas pré-textuais, (iii) corpo propriamente dito e, (iv) anexo (páginas pós-textuais).

2.2. A capa deverá conter a autoria, título, local e ano da aprovação. As capas encadernadas em mais de um volume deverão conter as mesmas informações acrescidas da identificação do respectivo volume. Dois (2) exemplares devem ser decapas duras de cor preta e letras amarelas.

2.3. As páginas pré-textuais serão compostas:

2.3.1. Primeira folha interna (página de rosto), contendo; (i) autoria, (ii) título; (iii) nota explicativa de que se trata de um trabalho de Dissertação ou Tese, mencionando o Programa de Pós-Graduação, a Universidade e o grau pretendido (Mestrado ou Doutorado); (iv) comitê de orientação e (v) local e ano de aprovação. Contará, no verso desta folha, a ficha catalográfica.

2.3.2. Segunda folha interna deve conter, o título, o nome do pós-graduando (a), a data de aprovação, os nomes e as assinaturas do orientador e dos participantes da Banca Examinadora, local e data.

2.3.3. Opcionalmente, poderão ser incluídas páginas adicionais contendo: (i) agradecimento (ii) oferecimento, (iii) dedicatória e (iv) biografia do autor, obrigatoriamente, deve conter (v) lista de símbolos, figuras, tabelas e sumário.

2.3.4. Folha (s) em que conste (m) o resumo em português, palavras-chave, o abstract em inglês e key words. O resumo com no máximo 800 palavras deve destacar: o local da pesquisa, delineamento estatístico, caracterização do problema, focalizar o(s) objetivo(s), síntese da metodologia, resultados obtidos e conclusões.

2.4. O corpo da Dissertação ou Tese conterà todo o trabalho impresso, avaliado e aprovado pela Banca Examinadora. O corpo poderá ser organizado na forma de capítulos.

2.5. O corpo em capítulos será composto das seções: Capítulo I: Introdução e Referencial Teórico; Capítulos (I ou mais a depender do número de artigos

científicos); e Considerações Finais (opcional). As referências bibliográficas e citações seguirão as normas da *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. As referências bibliográficas deverão aparecer ao final de cada capítulo.

2.6. O anexo (páginas pós-textuais) conterá material pertinente e suplementar.

2.7. Inserir cabeçalho com citação do autor e nome da dissertação ou tese, sendo a fonte tipo arial e tamanho 10, a partir do Capítulo I até a página inicial da folha anexo(s).

3. Editoração

3.1. Composição tipográfica. As dissertações ou teses deverão ser impressas em forma permanente e legível, com caracteres de alta definição e de cor preta no tipo Arial tamanho 12, com espaçamento 1,5.

3.2. Notação científica e medidas. A nomenclatura científica deverá ser diferenciada contextualmente, de acordo com as normas internacionais. As unidades métricas deverão seguir o padrão do Sistema Internacional de Unidades.

3.3. Papel. Utilizar papel A-4 (210 x 297 mm) branco, e suficientemente opaco para leitura normal.

3.4. Margens. A margem esquerda deve ser de 3 cm e as outras margens de 2 cm.

3.5. Paginação. Todas as páginas textuais e pós-textuais deverão ser numeradas em sequência contínua, isto é, desde a página do Capítulo I (texto corrido), até a última página, em algarismos arábicos. A sequência deverá incluir tudo que estiver como mapas, diagramas, páginas em branco e outros. As páginas pré-textuais deverão ser numeradas, sequencialmente, como algarismos romanos minúsculos.

3.6. Ilustrações. Fotografias e outras ilustrações deverão ser montadas de forma definitiva e incluídas no corpo da Dissertação ou Tese. É admitido o uso de cores nas figuras e ilustrações. Em nenhuma circunstância dever-se-á empregar fita adesiva ou material similar para afixação de ilustrações no corpo da Dissertação ou Tese. Folhas de tamanho superior a A4 serão aceitáveis, desde que dobradas, de forma a resultarem dimensões inferiores ao tamanho do papel adotado.

Recife, 18/12/2014