



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - MELHORAMENTO**  
**GENÉTICO DE PLANTAS**

**JORDANA ANTÔNIA DOS SANTOS SILVA**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB**  
**DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

**RECIFE**

**OUTUBRO/2020**

**JORDANA ANTÔNIA DOS SANTOS SILVA**

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE BERINJELA SOB  
DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Menezes.

Coorientadores: Dr<sup>a</sup>. Jacqueline Wanessa de Lima Pereira

Dr. Islan Diego Espíndula de Carvalho

**RECIFE**

**OUTUBRO/2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S586a Silva, Jordana Antônia dos Santos  
Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de berinjela sob diferentes níveis de sombreamento /  
Jordana Antônia dos Santos Silva. - 2020.  
52 f. : il.
- Orientador: Dimas Menezes.  
Coorientadora: Jacqueline Wanessa de Lima Pereira.  
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, Recife, 2020.
1. Solanum melongena L.. 2. Interação genótipo x ambiente. 3. Modelos mistos. I. Menezes, Dimas,  
orient. II. Pereira, Jacqueline Wanessa de Lima, coorient. III. Título

---

CDD 581.15

**ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE BERINJELA  
SOB DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO**

**JORDANA ANTÔNIA DOS SANTOS SILVA**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em 20 de outubro de 2020

**Orientador:**

---

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

**Examinadores:**

---

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

---

**Dr. Adônis Queiroz Mendes**  
(Professor/IFPE)

---

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

**RECIFE-PE  
Outubro de 2020**

*Aos meus pais, José Givaldo da Silva  
(in memoriam) e Risonete Maria dos Santos*

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fazer superar todas as dificuldades para realização deste trabalho. Aos meus familiares, pelo amor e carinho a mim dedicados e pela compreensão nos momentos de ausência.

Ao meu namorado, Venâncio Veloso, por todo amor, carinho, amizade e parceria. Por estar sempre presente em todas as situações, inclusive de domingo a domingo sendo meu braço direito.

Ao meu orientador, professor Dimas Menezes, pela orientação, ensinamentos, puxões de orelha, paciência e, principalmente, parceria ao longo desses dois anos.

À minha coorientadora Jacqueline Pereira, pelos ensinamentos, amizade e apoio, pelos quais as palavras são insuficientes para expressar minha eterna gratidão.

Ao professor José Luiz Sandes, meu orientador durante a graduação, por ter me iniciado na ciência e pela total confiança que sempre depositou em mim e no meu trabalho.

À Ricardo Valadares, por me apresentar ao mundo das hortaliças e do melhoramento de plantas em 2013 e por sua amizade até hoje.

À Rayhonay Souza e Fabian Santana, por toda ajuda durante os experimentos e por acreditarem tanto em mim.

Às parceiras de estudo e trabalho: Jakeline Moreira, Roberta Paes e Alane Daniele, pelo companheirismo e amizade.

Aos amigos de pós-graduação: Lucas Araújo, Suzanny Andrade, Nardiele Freitas, Jamile Medeiros, Robson Ramos e Jackson da Silva, pela colaboração no trabalho e pelos momentos de descontração.

Aos estagiários: Girleyde Lima, Lilian Bonfim, Laisa Thays e Mateus, pelo auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários da horta da UFRPE: Fernando Rocha, Roberval Eduardo Ferreira, Enivaldo, Batistinha, Davi e Salatiel, sem vocês não seria possível realizar os experimentos.

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

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

## LISTA DE TABELAS

## Páginas

<b>Tabela 1.</b> Parâmetros genéticos (REML individual) considerando os seis ambientes para os caracteres PP – Produção por planta, IPF - índice de pegamento de frutos, NF – Número de fruto por planta e VPIV - viabilidade polínica <i>in vitro</i> , Recife, UFRPE, 2019-2020.....	34
<b>Tabela 2.</b> Ordenamento dos genótipos de berinjela, considerando os seis ambientes em conjunto para os caracteres PP – Produção por planta, IPF - índice de pegamento de frutos, NF – Número de fruto por planta e VPIV - viabilidade polínica <i>in vitro</i> , Recife, UFRPE, 2019-2020.....	39
<b>Tabela 3.</b> Ordenamento dos genótipos de berinjela, considerando os ambientes individuais para os caracteres PP – Produção por planta, IPF - índice de pegamento de frutos, NF – Número de fruto por planta e VPIV - viabilidade polínica <i>in vitro</i> , Recife, UFRPE, 2019-2020.....	40
<b>Tabela 4.</b> Estabilidade de valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade de valores genotípicos (PRVG), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG) de genótipos de berinjela para os caracteres PP, IPF, VP e VPIV. Recife, UFRPE, 2019-2020.....	42

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Figura 1.</b> Valores médios da <b>(A)</b> Temperatura média (°C), <b>(B)</b> Umidade relativa do ar (%), <b>(C)</b> Radiação solar (W/m <sup>2</sup> ) e <b>(D)</b> Precipitação (mm) nos seis ambientes (três níveis de sombreamento x duas épocas), Recife, UFRPE, 2019-2020.....	30



## SUMÁRIO

### Capítulo I

Resumo.....	3
Abstract.....	5
1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO .....	7
1.1 Introdução .....	7
1.2 Referencial Teórico .....	9
1.2.1 Aspectos gerais e importância da berinjela .....	9
1.2.2 Condições de cultivo.....	10
1.2.2.1 Cultivo protegido .....	11
1.2.2.2 Sombreamento.....	12
1.2.3 Interação genótipo x ambiente.....	14
1.2.4 Adaptabilidade e estabilidade via modelos mistos .....	15
1.3 Referências Bibliográficas .....	17

### Capítulo II

2. ESTIMAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE BERINJELA SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO VIA MODELOS MISTOS.....	25
2.1 Resumo.....	26
2.2 Abstract.....	26
2.3 Introdução .....	27
2.4 Material e Métodos .....	29
2.5 Resultados e Discussão .....	33
2.6 Conclusões .....	43
2.7 Referências Bibliográficas .....	43

## **CAPÍTULO I**

---

### **Introdução e Referencial Teórico**

## RESUMO

A berinjela é uma olerícola da família Solanaceae, originária de regiões de clima tropical e subtropical. Seus frutos desenvolvem-se bem em temperaturas em torno de 25-35°C e umidade relativa do ar de 80%, por isso, no Nordeste, o seu cultivo é recomendado durante todo o ano. Temperaturas médias acima de 32° C aceleram a maturação dos frutos, enquanto temperaturas acima de 35° C, por períodos prolongados, inviabilizam a formação de pólen, impedindo a plena fertilização, resultando em frutos fora do padrão comercial. Para os produtores de berinjela em ambientes protegidos, uma das estratégias para evitar perdas significativas e obter o maior desempenho produtivo de cada genótipo é a manipulação e otimização do ambiente. Como exemplo, o sombreamento utilizando-se malhas é uma ferramenta aplicada no cultivo de hortaliças, na tentativa de amenizar os efeitos da temperatura e da radiação excessiva sobre as plantas. Porém, quando a radiação solar é muito baixa, devido a um sombreamento excessivo do cultivo ou da ocorrência de dias nublados consecutivos, há um significativo aumento na taxa de abortamento de flores. Diante disto, percebe-se que o ambiente pode intensificar ou prejudicar o potencial produtivo dos genótipos. Isso ocorre, pois a todo momento há interação entre o genótipo e o ambiente. Considerando o comportamento dos genótipos em diferentes ambientes, é possível avaliá-los por dois fenômenos: adaptabilidade e estabilidade. Por isso, o presente trabalho teve como objetivo estimar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de berinjela sob diferentes tipos de sombreamento e épocas do ano pelo método REML/BLUP. Os experimentos foram conduzidos em duas épocas (Época 1: Maio-Outubro/2019 e Época 2: Novembro/2019-Abril/2020) em estufas agrícolas com três tipos de sombreamento: 1) Sem cobertura (SC); 2) Cobertura com plástico filme difusor de 130 Micras (PD) e 3) Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras + tela de sombreamento de 50% (TS). A combinação dos dois fatores (Tipo de sombreamento x Época do ano) deu origem aos seis ambientes avaliados (E1-SC, E1-PD, E1-TS, E2-SC, E2-PD e E2-TS). Em todos os ambientes foram avaliados 12 genótipos de berinjela, com quatro repetições e a parcela experimental composta por quatro plantas. Foram avaliados quatro caracteres: Índice de Pegamento de Fruto (IPF), Número de frutos por planta (NF), Produção média de frutos por planta em g (PP) e Viabilidade polínica *in vitro* (VPIV). Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos de berinjela foram realizadas as análises

estatísticas e a estimação dos parâmetros genéticos baseadas em modelos mistos do tipo REML/BLUP, empregando o software SELEGEN e o modelo estatístico 51. De acordo com os resultados obtidos, houve concordância entre os métodos PRVG (Performance Relativa dos Valores Genotípicos), MHVG (Média Harmônica dos Valores Genotípicos) e MHPRVG (Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos) para os caracteres PP, NF e VPIV, indicando que tais métodos apresentam alto grau de concordância no ordenamento dos materiais. Por isso, os genótipos 135x60, 135x51, 135x141, CNPH 109, 109x60 e 109x141 destacados através do método MHPRVG podem ser utilizados para cultivo em vários ambientes, com diferentes interações genótipos x ambientes.

**Palavras-chave:** *Solanum melongena* L., interação genótipo x ambiente, melhoramento vegetal.

## ABSTRACT

Eggplant is an olericole of the Solanaceae family, originating in regions of tropical and subtropical climate. Its fruits develop well at temperatures around 25-35 ° C and relative humidity of 80%, therefore, in the Northeast, its cultivation is recommended throughout the year. Average temperatures above 32 °C accelerate fruit ripening, while temperatures above 35 °C, for prolonged periods, make pollen formation unfeasible, preventing full, mature fertilization in defective fruits, often not viable for the consumption. For eggplant producers in protected environments, one of the strategies to avoid losses and obtain the highest productive performance of each genotype is manipulation and optimization of the environment. For example, shading using meshes, this is a tool applied in the cultivation of vegetables, in an attempt to mitigate the effects of temperature and excessive radiation on plants. However, when the solar radiation is very low, due to excessive shading of the crop or the occurrence of consecutive cloudy days, a significant increase in the rate of flower abortion. Given this, it is clear that the environment can intensify or impair the productive potential of the genotypes. This is because there is an interaction between the genotype and the environment at all times. Considering the behavior of genotypes in different environments, it is possible to evaluate them by two phenomena: adaptability and stability. Therefore, the present study aimed to estimate the adaptability and stability of eggplant genotypes under different types of shading and times of the year using the REML / BLUP method. The experiments were conducted in two seasons (May-October / 2019 and November / 2019-April / 2020) in greenhouses with three types of shading: 1) Without cover; 2) Covering with 130 micron diffuser film and 3) Covering with black top and side screen with 50% shading. The combination of the two factors (Shading type x Time of year) gave rise to the six environments evaluated (E1-SC, E1-PD, E1-TS, E2-SC, E2-PD and E2-TS). In all locations, 12 eggplant genotypes were evaluated, with four replications and the experimental plot consisting of four plants. Four characters were evaluated: Fruit Catch Index (IPF), Number of fruits per plant (NF), Average fruit production per plant in g (PP) and In vitro pollen grain germination (GPIV). To assess the adaptability and stability of eggplant genotypes, statistical analyzes and the estimation of genetic parameters were carried out based on mixed models of the REML / BLUP type, using the SELEGEN software and the statistical model 51. According to the results obtained, there were agreement between the PRVG (Relative

Performance of Genotypic Values), MHVG (Harmonic Average of Genotypic Values) and MHPRVG (Harmonic Average of Relative Performance of Genetic Values) methods for the characters PP, NF and GPIV, indicating that such methods have a high degree of agreement in the ordering of the materials. Therefore, the 135x60, 135x51, 135x141, CNPH 109, 109x60 and 109x141 genotypes highlighted by the MHPRVG method can be used for cultivation in various environments, with different genotype x environment interactions.

**Key words:** *Solanum melongena* L., Genotype x environment interaction, plant breeding.

## 1. INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

### 1.1 Introdução

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma hortaliça pertencente à família Solanaceae, cujo centro de domesticação foi a Índia e o Sul da China. A espécie foi introduzida na Europa, durante a Idade Média e, no Brasil, no século XVI (Ribeiro *et al.* 1998, Meyer *et al.* 2012). Seus frutos são do tipo baga carnosa, formato oval a alongado, com textura externa lisa, brilhante e cores escuras, variando de vermelha a roxa. São apreciados na culinária tanto na forma fresca como cozidos, puros ou como ingredientes de diversos pratos (França 2008). É um alimento nutritivo fonte de sais, vitaminas e fibra, além disso, possui propriedades medicinais que auxiliam no controle dos níveis de colesterol e pressão arterial (Ribeiro *et al.* 1998, Antonini *et al.* 2002, Weber *et al.* 2013).

O maior produtor de berinjela é a China responsável por cerca de 93,6% da produção mundial. No cenário nacional, a produção brasileira concentra-se na região Sudeste, especialmente no Estado de São Paulo, responsável por 61% da produção (IBGE 2007). A cultura da berinjela desenvolve-se bem em temperaturas em torno de 25-35°C e umidade relativa do ar de 80% (Ribeiro *et al.* 1998). As variações térmicas influenciam de maneira direta no desenvolvimento da berinjela, levando ao comprometimento da produção (Filgueira 2000).

Para os produtores de berinjela em ambientes protegidos, uma das estratégias para evitar perdas significativas e obter o maior desempenho produtivo de cada genótipo é a manipulação e otimização do ambiente (Dueck *et al.* 2016). Como exemplo, o sombreamento utilizando-se malhas, esta é uma ferramenta aplicada no cultivo de hortaliças, na tentativa de amenizar os efeitos da temperatura e da radiação excessiva sobre as plantas (Seabra Jr *et al.* 2012).

No entanto, uma malha muito escura, ou seja, capaz de bloquear intensamente a iluminação pode levar a resultados contrários aos desejados, como estiolamento da planta, aumentando a distância entre os entrenós e produzindo ramos finos, que não suportam o peso do fruto. Na fase de desenvolvimento dos frutos, a baixa quantidade de radiação afeta a coloração dos frutos, diminuindo seu valor comercial (Brandão Filho *et al.* 2018).

Diante disto, percebe-se que o ambiente pode intensificar ou prejudicar o potencial produtivo dos genótipos. Isso ocorre, pois a todo momento há interação

entre o genótipo e o ambiente. Considerando o comportamento dos genótipos em diferentes ambientes, é possível avaliá-los por dois fenômenos: adaptabilidade e estabilidade. Embora sejam associados, trata-se de fenômenos distintos (Squilassi 2003).

Adaptabilidade corresponde à capacidade que o genótipo tem de responder positivamente as condições daquele ambiente. Estabilidade trata-se da capacidade do genótipo manter-se o mais constante possível em diferentes ambientes (Martinelli 2013). A avaliação desses fenômenos nos programas de melhoramento é de grande importância para nortear de maneira assertiva o processo de seleção e indicação de genótipos superiores.

Existem diversos métodos de avaliação da adaptabilidade e estabilidade, baseados na análise de variância, na regressão linear, na regressão bissegmentada não-linear e linear, nas estatísticas não paramétricas e os que analisam os efeitos principais aditivos e a interação multiplicativa. Entretanto, apesar de fornecer informações importantes, todas elas são limitadas quando se tem dados desbalanceados, delineamentos experimentais não ortogonais e heterogeneidade de variâncias entre os locais onde são conduzidos os experimentos, pois assumem efeitos fixos para genótipos (Resende 2004). Assim, em muitos casos, os métodos mais atuais REML/BLUMP são os mais adequados e seguros, pois permitem comparar indivíduos ou variedades através do tempo e do espaço, corrigir os efeitos ambientais, estimar valores de componentes de variância e predizer valores genéticos, podendo ser aplicados de forma eficaz tanto para dados desbalanceado, quanto para dados balanceados (Resende 2004).



## 1.2 Referencial Teórico

### 1.2.1. Aspectos gerais e importância da berinjela

A família Solanaceae possui cerca de 106 gêneros e 2300 espécies, na qual estão inclusas algumas hortaliças de importância econômica e alimentícia. Dentro desta família, destaca-se o gênero *Solanum*, o qual possui aproximadamente 1400 espécies, sendo considerado um dos maiores entre as angiospermas. No Brasil, é representado por cerca de 283 espécies nativas, dentre as quais 138 são endêmicas. Este gênero agrupa espécies como o tomate, a batata e o jiló e a berinjela (Antonini *et al.* 2002, Stehmann *et al.* 2015).

A berinjela (*Solanum melongena* L.) possui no mínimo dois centros de domesticação, a Índia e o Sul da China. As espécies *Solanum incanum* L. e *Solanum undatum* Lam, são consideradas possíveis ancestrais da berinjela cultivada (Meyer *et al.* 2012). Foi introduzida pelos árabes na Europa, durante a Idade Média e no Brasil através dos colonizadores portugueses, no século XVI (Ribeiro *et al.* 1998).

É uma espécie perene, no entanto, cultivada como cultura anual. Possui hábito de crescimento arbustivo, mas pode atingir 1,80m de altura, caule semi-lenhoso, o que garante boa resistência, e, ramificações laterais bem desenvolvidas, onde são produzidos seus frutos. Possui um sistema radicular pivotante, vigoroso e profundo, atingindo profundidades superiores a 1m, embora a maioria das raízes se concentre na superfície do solo (Espindola 2010, Silva 2010).

É uma planta preferencialmente autógama, com taxa de polinização cruzada natural de 6 a 7%, porém, apresenta na fase reprodutiva um mecanismo chamado de dicogamia do tipo protoginia, que corresponde à diferença na época de maturidade da antera e do estigma. Esse mecanismo aliado às diferentes condições ambientais, à presença de insetos polinizadores e diferentes cultivares, aumentam a taxa de alogamia em até 50%, portanto, a berinjela é considerada uma espécie mista (Marques 2003).

O fruto é do tipo baga carnosa, de formato variável (oval, oblongo, redondo, oblongo-alongado, alongado), comumente a textura externa é lisa e brilhante, cores escuras variando de vermelha a roxa. O ponto ideal de colheita é quando os frutos apresentam coloração intensa e polpa macia. A colheita inicia-se de 90 a 110 dias após a semeadura, prolongando-se por 3 ou mais meses (França 2008).

A berinjela destaca-se por seu valor nutricional, possui alto teor de sais minerais, como cálcio, ferro e fósforo, vitaminas (riboflavina, niacina e ácido ascórbico) e fibras, sendo este um alimento importante para ser inserido numa dieta nutritiva e saudável. Além disso, tem valor medicinal, uma vez que possui propriedades que auxiliam no controle dos níveis de colesterol e pressão arterial (Ribeiro *et al.* 1998, Antonini *et al.* 2002, Weber *et al.* 2013).

Nos últimos anos, observou-se maior interesse da sociedade em produtos hortícolas de qualidade superior, com melhores propriedades organolépticas, nutricionais e funcionais (Kyriacou *et al.* 2016, Bisbis *et al.* 2018). Diante disto, o cultivo da berinjela encontra-se em expansão em vários países, sendo alvo de muitas pesquisas com relação as suas propriedades medicinais (Marques 2003, Praça *et al.* 2004a, Montemor e Souza 2009).

O centro mundial de produção da berinjela é o continente asiático, responsável pela produção de 50.628 milhões de toneladas de frutos, que corresponde a 93,6% da produção mundial. Os maiores produtores são a China e a Índia, que juntos são responsáveis por 86,78% da produção (FAO 2019). No Brasil, como a berinjela ainda é pouco consumida, existe uma carência de dados sobre produção e comercialização (Delazari *et al.* 2019). De acordo com os dados do último do censo agropecuário em que esteve presente, 90% da produção da berinjela encontra-se na região Sudeste, sendo 61% produzido no Estado de São Paulo (IBGE 2007). Neste Estado, no período entre 2010 e 2018, observou-se um aumento de área cultivada de 11,52% (1380 ha para 1539 ha) e aumento da produção total de 13,2% (44,7 mil t para 50,6 mil t) (IEA 2019).

Apesar da alta demanda, muitos produtores de berinjela enfrentam limitações para obter elevada produtividade de frutos com qualidade, devido a influência de diversos fatores bióticos e abióticos (Prasad e Chakravorty 2015).

### **1.2.2. Condições de cultivo**

Originária de regiões de clima tropical e subtropical, os frutos da berinjela desenvolvem-se bem em temperaturas em torno de 25-35°C e umidade relativa do ar de 80%, por isso, no Nordeste, o seu cultivo é recomendado durante todo o ano (Ribeiro *et al.* 1998).

Para o cultivo da berinjela, as variações térmicas influenciam de maneira direta no desenvolvimento da planta. Temperaturas médias acima de 32° C aceleram a maturação dos frutos, enquanto temperaturas acima de 35° C por períodos prolongados, inviabilizam a formação de pólen, impedindo a plena fertilização, resultando em frutos defeituosos, muitas vezes inviáveis para o consumo. (Figueira 2000).

Dentre as alterações provocadas pelas altas temperaturas, estão: inviabilidade e estouramento do pólen, alongamento e/ou estouramento do tubo polínico, queima da ponta da antera, baixa porcentagem de frutos (Baswana *et al.* 2006), aumento na evapotranspiração, alterações na absorção de nutrientes, acúmulo de fotoassimilados e diminuição da produtividade (Shahbaz *et al.* 2013, Harel *et al.* 2014, Loose *et al.* 2014).

Sabe-se que a elevação da temperatura média global é uma realidade e que seus efeitos são perceptíveis no setor agrícola. Assim, torna-se necessário a adoção de estratégias eficazes, como a manipulação e otimização do ambiente protegido, na tentativa de evitar perdas significativas na produção (Dueck *et al.* 2016).

#### **1.2.2.1. Cultivo protegido**

O cultivo protegido é um sistema de produção agrícola onde é possível ter certo grau de controle das condições micrometeorológicas do ambiente, resultando numa maior regularidade de produção, melhor produtividade e qualidade dos produtos (Reis *et al.* 2013). Entretanto, é imprescindível que ocorra um estudo de mercado e planejamento da produção para que seja utilizado como um instrumento de alto retorno (Figueiredo *et al.* 2011).

Várias vantagens estão relacionadas à utilização de ambientes protegidos, como maior proteção quanto aos fenômenos climáticos (geadas, excesso de chuvas, queda acentuada de temperatura durante a noite), proteção do solo contra lixiviação, além da redução do ataque de pragas e doenças e economia de insumos (Silva 2010). Nesse sistema de cultivo, a produtividade por planta é maior, os frutos obtidos são de melhor qualidade, além disso, o período de colheita estende-se por mais tempo. Por outro lado, como desvantagem é considerada uma técnica de alto custo para implantação (Medeiros *et al.* 2009).

A utilização de estufas agrícolas para produção tem aumentado cada vez mais, especialmente para atividades de pesquisa e cultivo de plantas ornamentais e hortaliças. No entanto, a estrutura das estufas agrícolas utilizadas por muitos produtores e/ ou pesquisadores é simples, composta apenas por uma cobertura plástica, sem qualquer ferramenta de climatização (Reis *et al.* 2013). Estima-se que o cultivo protegido cresceu cerca de 400% entre as décadas de 1990 e 2010. Até meados de 2013 no mundo, existiam cerca de 3,7 milhões de hectares protegidos, encontrados principalmente na China (Chang *et al.* 2013). Apesar de distante dos líderes mundiais, o Brasil é o país que mais usa esta tecnologia de cultivo protegido na América do Sul, a área total corresponde a 22 mil hectares, sendo cerca de 11 mil hectares concentrados no Estado de São Paulo. (Silva *et al.* 2014).

Desde o início do cultivo protegido no Brasil, as estufas agrícolas são usadas principalmente para culturas de elevado retorno por área de cultivo, sendo as mais utilizadas o pimentão, tomate e pepino (Silva 2010). Porém, algumas culturas vêm ganhando destaque como o melão e a berinjela. O cultivo da berinjela em ambientes protegidos vem se tornando uma alternativa viável, constituindo uma fonte de renda para produtores rurais (Brandão Filho 2001, Brandão Filho *et al.* 2003).

#### **1.2.2.2. Sombreamento**

A radiação solar emitida em diferentes comprimentos de onda é fundamental para as plantas realizarem o processo de conversão da energia luminosa em energia química, através da fotossíntese, porém, o nível de luminosidade é considerado um fator determinante para o efetivo funcionamento desse processo. Sob excesso de luz, a planta pode sofrer foto-inibição, neste caso, o dano é reversível, porém, o mesmo pode ser irreversível provocado pela foto-oxidação do aparato fotossintético (Kluge *et al.* 2015).

Como consequência, as plantas sob radiações excessivas estão sujeitas a grandes prejuízos na sua produção. Em contrapartida, quando a radiação solar é muito baixa, devido a um sombreamento excessivo do cultivo ou da ocorrência de dias nublados consecutivos, há um significativo aumento na taxa de abortamento de flores (Kluge *et al.* 2015).

O conhecimento das interferências dos fatores ambientais, como a luminosidade, permite o desenvolvimento de tecnologias que garantam a produtividade agrícola mesmo quando o ambiente for adverso (Kluge *et al.* 2015). O sombreamento utilizando malhas é uma ferramenta muito usada no cultivo de hortaliças, pois a partir disso é possível amenizar os efeitos da temperatura e da radiação excessiva sobre as plantas (Rampazzo *et al.* 2014).

Existem dois tipos de sombreamento, o estático, são aqueles que, uma vez instalados, sombreiam o abrigo de maneira constante, sem possibilidade de graduação ou controle, e o dinâmico, são aqueles que permitem o controle da radiação solar em função das necessidades climáticas da planta (Gonzalez e Camacho 2001). A aplicação do sombreamento estático deve ser criteriosa, pois a adoção de níveis excessivos de pode ser prejudicial às culturas, principalmente em horários e épocas do ano com baixa incidência da radiação (Mills *et al.* 1989).

A atenuação da radiação solar, por meio de telas de sombreamento como medida para reduzir a temperatura interna de abrigos para cultivo protegido, apresenta resultados bastante diversos. Em muitos casos, além de não se obter a queda de temperatura desejada, são observados prejuízos na produção dos cultivos pela redução excessiva no aporte de radiação fotossinteticamente ativa (Brandão Filho *et al.* 2018).

Em solanáceas cultivadas sob condições de baixa luminosidade, ocorre o estiolamento da planta, aumentando a distância entre os entrenós e produzindo ramos finos, que muitas vezes são fracos para suportar a produção. Observa-se também redução no número de flores, afetando a quantidade e a qualidade da colheita. Na fase de desenvolvimento dos frutos, caso não recebam a quantidade de radiação apropriada tendem a não ter a coloração adequada quando maduros, diminuindo seu valor comercial (Brandão Filho *et al.* 2018).

Em mudas de berinjela submetidas ao sombreamento, foram observadas reduções significativas em algumas características fisiológicas, como: taxa fotossintética líquida, condutância estomática, concentração de clorofila, ponto de compensação de luz, ponto de saturação de luz, ponto de saturação de CO<sub>2</sub>, eficiência de carboxilação e capacidade fotossintética. Além disso, têm-se plantas mais altas, como menor diâmetro do caule e menor volume de raiz (Yujie 2007, Chen *et al.* 2016).

### 1.2.3. Interação genótipo x ambiente

O termo genótipo refere-se a todas as características do indivíduo contidas em seu DNA, as quais são herdadas de seus genitores. No entanto, não são apenas essas características que definem a aparência do indivíduo, existe um efeito direto e importante do ambiente sobre ele. Entende-se por ambiente as condições edafoclimáticas, associadas a práticas culturais, ocorrência de pragas e outras variáveis que afetam o desenvolvimento das plantas. O genótipo, associado às influências do ambiente, determinam o fenótipo, ou seja, as características que o indivíduo expressará. Sendo assim, um mesmo genótipo pode manifestar padrões distintos, se submetido à ambientes diferentes (Borém 1998, Martinelli 2013).

Neste contexto, durante o desenvolvimento de programas de melhoramento, as etapas de seleção baseadas em dados fenotípicos devem ser realizadas com o maior embasamento técnico-científico possível. Uma das formas que auxiliam o melhorista a apontar predições mais precisas é o conhecimento das relações entre genótipo e fenótipo em ambientes heterogêneos. Quanto mais a expressão fenotípica de determinada característica é dependente das condições ambientais, maiores as variações na sua herdabilidade conforme as mudanças do ambiente (Squilassi 2003).

A resposta do genótipo ao efeito ambiental consiste na interação de ambos (Squilassi 2003). Quanto maior o número de ambientes diferentes avaliados, mais precisas são as informações quanto a variância genética, a herdabilidade e a estimativa do ganho de seleção, evitando-se a superestimativa dos dados (Terasawa Jr *et al.* 2008). Nas avaliações das interações G x A podem ocorrer duas situações: I- os melhores genótipos apresentam melhor desempenho em vários ambientes, neste caso, há uma interação simples, o que facilita a indicação de tais genótipos a uma variedade de ambientes. II- variações das respostas dos genótipos, ou seja, o melhor genótipo em determinado ambiente, apresenta-se como um dos piores em outro ambiente, ocorrendo interações do tipo complexas, o que compromete a indicação precisa dos melhores genótipos (Crossa e Cornelius 1997, Squilassi 2003, Cruz *et al.* 2014, Baker 1988).

Considerando o comportamento dos genótipos em diferentes ambientes é possível avaliá-los por dois fenômenos: adaptabilidade e estabilidade. Embora sejam

associados, trata-se de fenômenos distintos (Squilassi 2003). O primeiro, refere-se à capacidade que o genótipo tem de responder de forma positiva ao ambiente no qual está inserido. Esta é uma excelente habilidade, especialmente quando se refere à produtividade. O segundo, refere-se à capacidade do genótipo de variar seu padrão o mínimo possível em diferentes ambientes, ou seja, é uma estabilidade do comportamento. Quanto menor for sua variabilidade nos ambientes, mais previsível é um genótipo (Martinelli 2013).

A avaliação desses fenômenos nos programas de melhoramento é de grande importância, cabendo ao melhorista interpretar a magnitude e a significância de seus efeitos para adotar estratégias de seleção (Cruz *et al.* 2014). Assim, para avaliar a adaptabilidade e estabilidade dos genótipos, o melhorista pode lançar mão de diversas metodologias, tais como análises de variância, regressão linear, análises multivariadas, modelos mistos entre outras (Chaves 2001). Tais informações são diferenciais na seleção/indicação entre genótipos excelentes, bons ou ruins nos mais diversos ambientes.

#### **1.2.4. Adaptabilidade e estabilidade via modelos mistos**

Até a década de 50, os efeitos da interação genótipos x ambientes eram estimados utilizando apenas as médias gerais dos genótipos e seu desempenho médio ao longo dos locais e anos (Finlay e Wilkinson 1963). Atualmente, existem várias metodologias que levam em consideração diversos parâmetros para a avaliação de adaptabilidade e estabilidade dos genótipos nos ambientes, cujos procedimentos de interpretação simples são os mais preferidos.

Cargnelutti Filho *et al.* (2009) classificaram essas metodologias em: 1) as que são baseadas em análise de variância e dão informação sobre a estabilidade dos genótipos avaliados; 2) aquelas que usam a regressão linear e informam sobre a adaptabilidade e a estabilidade dos genótipos; 3) as que se baseiam na regressão bissegmentada não-linear e linear; 4) as de estatísticas não paramétricas, e 5) as que analisam os efeitos principais aditivos e a interação multiplicativa (AMMI). Apesar de fornecer informações importantes, todas elas são limitadas quando se tem dados desbalanceados, delineamentos experimentais não ortogonais e heterogeneidade de variâncias entre os locais onde são conduzidos os experimentos, pois assumem efeitos fixos para genótipos (Resende 2004).

Quando se considera os efeitos dos genótipos como aleatórios, pode-se obter os BLUP's (Melhor Predição Linear não Viesada), o que não é possível por meio dos métodos de adaptabilidade e estabilidade citados anteriormente. Através dos BLUPs é possível obter a maximização da acurácia seletiva, a minimização do erro de predição, a predição não viciada de valores genéticos, a maximização do ganho genético por ciclo de seleção e a maximização da probabilidade de selecionar o melhor entre vários genótipos (Piepho 1997, Resende 2007b, Searle *et al.* 2009).

O método BLUP tem sido utilizado em conjunto com o método REML (Máxima Verossimilhança Residual), criado por Patterson e Thompson (1971) como procedimento ótimo para a estimação dos componentes de variância, onde estes são estimados pela maximização da função de verossimilhança dos resíduos ( $y - Xb$ ), ao invés dos dados observados, sendo  $X$  uma matriz de incidência dos efeitos fixos. Desta forma, em experimentos que usam modelos mistos, principalmente nos casos de experimentos desbalanceados, a análise REML/BLUP tem sido a mais indicada (Resende 2004, Schaeffer 2004).

O uso desses procedimentos permite comparar indivíduos ou variedades através do tempo e do espaço, corrigir os efeitos ambientais, estimar valores de componentes de variância e prever valores genéticos, podendo ser aplicados de forma eficaz tanto para dados desbalanceado, quanto para dados balanceados (Resende 2004).

Para estabilidade, utiliza-se o método MHVG (Média Harmônica dos Valores Genotípicos), onde ocorre o ordenamento dos genótipos por seus valores genéticos. Nesse método, quanto menor o desvio padrão do comportamento genotípico nos ambientes, maior será o valor de MHVG, dessa forma, a seleção pelos maiores valores de MHVG implica na seleção para produtividade e estabilidade, simultaneamente. Quanto à adaptabilidade, usa-se a Performance Relativa dos Valores Genotípicos (PRVG), onde os valores genotípicos preditos são expressos como proporção da média geral de cada local obtendo-se posteriormente o valor médio desta proporção através dos locais (Resende 2007a).

Segundo Resende (2007b), uma metodologia mais completa pode permitir conclusões complementares, como: seleção de genótipos específicos para cada local, seleção de genótipos estáveis através dos locais, seleção de genótipos responsivos



a melhoria do ambiente e seleção pelos três atributos (produtividade, estabilidade e adaptabilidade), simultaneamente. Estas inferências, com posterior seleção, podem ser realizadas pelo método da Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos (MHPRVG), que classifica os efeitos dos genótipos como aleatórios, fornecendo valores de adaptabilidade e estabilidade genotípica e não fenotípica.

Algumas vantagens apresentadas por meio da utilização da MHPRVG quando comparada aos outros métodos são: considera os efeitos genotípicos como aleatórios, fornecendo estabilidade e adaptabilidade genotípica e não fenotípica; permite lidar com dados desbalanceados; permite lidar com heterogeneidade de variâncias; permite considerar erros correlacionados dentro de locais; fornece valores genéticos já descontados (penalizados) da instabilidade; pode ser aplicado com qualquer número de ambientes; não depende da estimação de outros parâmetros; gera resultados na própria grandeza ou escala do caráter avaliado e permite computar o ganho genético com a seleção pelos três atributos (produtividade, adaptabilidade e estabilidade), conjuntamente (Resende 2007b).

Trabalhos envolvendo modelos mistos em estudos de genética e melhoramento vegetal eram bastante escassos até o início da última década, no entanto, sua utilização na avaliação das mais diversas culturas vem aumentando, devido as vantagens que essa abordagem oferece frente às dificuldades comumente encontradas em experimentos, principalmente em estudos que requerem muitos ensaios (Farias Neto *et al.* 2013, Gouvêa *et al.* 2013, Rodrigues *et al.* 2013, Di Mauro *et al.* 2014, Torricelli *et al.* 2014).

### 1.3 Referências Bibliográficas

Adamczewska-Sowińska K e 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 e Kluge RA (2002) Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira** 20: 646–648.

Baswana KS, Dahiya MS, Kalloo G, Sharma NK, Dhankhar BS e Dudi BS (2006) Brinjal HLB-25: a high temperature tolerant variety. **Haryana Journal of Horticultural Sciences** 35: 318–319.

- Bisbis MB, Gruda N e Blanke M (2018) Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality – A review. **Journal of Cleaner Production** **170**: 1602–1620.
- Boiteux L, Mendonça L, Fonseca M, Reis A, Vilela N, González-Arcos M e Nascimento M (2016) Melhoria de berinjela. Viçosa, bl 15–192. In Editora UFV (red) **Melhoramento de Hortaliças**.
- Borém A (1998) **Melhoramento de plantas**. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa.
- Brandão Filho JUT (2001) Enxertia em híbridos de berinjela (*Solanum melongena*), sob cultivo protegido.
- Brandão Filho JUT, de Freitas PSL, Berian LOS e Goto R (2018) **Hortaliças-fruto**. Editora da Universidade Estadual de Maringá-EDUEM.
- Brandão Filho JUT, Goto R, Guimarães VF, Habermann G, Rodrigues JD e Callegari O (2003) Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira** **21**: 474–477.
- Cargnelutti Filho A, Storck L, Riboldi J e Guadagnin JP (2009) Associação entre métodos de adaptabilidade e estabilidade em milho. **Ciência Rural** **39**: 340–347.
- Carvalho ADF, Silva GO e Resende FV (2017) Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelo método REML/BLUP. **Horticultura Brasileira** **35**: 69–74.
- Castro CA de O, Nunes ACP, dos Santos OP, Resende RT, dos Santos GA, de Resende MDV e Cruz CD (2018) Comportamento da interação genótipos por locais aos três e nove anos em clones de eucalipto. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.
- Chang J, Wu X, Wang Y, Meyerson LA, Gu B, Min Y, Xue H, Peng C e Ge Y (2013) Does growing vegetables in plastic greenhouses enhance regional ecosystem services beyond the food supply? **Frontiers in Ecology and the Environment** **11**: 43–49.
- Chaves LJ (2001) Interação de genótipos com ambientes. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT** 675–712.

- Chen Y, Wang H, LIN B, WANG X, WANG T e ZHANG K (2016) Effects of weak light stress on growth and physiological characteristics of eggplant seedlings. **Subtropical Agriculture Research** 3.
- Crossa J e Cornelius PL (1997) Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. **Crop Science** 37: 406–415.
- Cruz CD, Regazzi AJ e Carneiro PCS (2014) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**.
- da Rocha AC, Tavares ED, Sandrini M, Paiva R e de Carvalho SA (1990) Época e intensidade de florescimento e pegamento de frutos segundo a distribuição pelos quadrantes em laranjeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 25: 85–88.
- Delazari F, Silva D, Picanço M e Gomide E (2019) Berinjela (*Solanum melongena* L.). Belo Horizonte, bl 180–185. In **101 Culturas – Manual de Tecnologias Agrícolas**.
- Di Mauro AO, Gomez GM, Unêda-Trevisoli SH e Pinheiro JB (2014) Adaptive and agronomic performances of soybean genotypes derived from different genealogies through the use of several analytical strategies. **African Journal of Agricultural Research** 9: 2146–2157.
- Dueck T, van Ieperen W e Taulavuori K (2016) Light perception, signalling and plant responses to spectral quality and photoperiod in natural and horticultural environments. bl 1–3.
- Espindola JS (2010) Formação de mudas e produção de frutos de Berinjela. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana (Agronomia), Aquidauana - MS, bl 33.
- FAO (2017) Food and agriculture organization of the United Nations. Available at <<http://www.fao.org/faostat>> Toegang verkry 13 April 2019.
- FAO (2019) Food and agriculture organization of the United Nations. Available at <<http://www.fao.org/faostat>> Toegang verkry 13 April 2020.
- Farias Neto JT de, Moura EF, Resende MDV de, Celestino Filho P e Augusto SG (2013) Genetic parameters and simultaneous selection for root yield, adaptability

and stability of cassava genotypes. **Pesquisa agropecuária brasileira** **48**: 1562–1568.

Filgueira FAR; (2000) **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Universidade Federal de Viçosa.

Finlay KW en Wilkinson GN (1963) The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian journal of agricultural research** **14**: 742–754.

França, L. V (2008) Secagem e conservação de grão de pólen de Berinjela. IN: **Dissertação**, Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (Ciências Agrárias, Área de concentração: Produção Vegetal). Brasília- DF, 109 p.

Gonzalez AM e Camacho JIM (2001) **Invernaderos: diseño, construcción with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments**, 2nd ed Mundi-Prensa (red). Madri.

Gouvêa LRL, Silva GAP, Verardi CK, de Oliveira ALB, Gonçalves ECP, Scaloppi-Junior EJ, Moraes MLT e Gonçalves PS (2013) Rubber tree early selection for yield stability in time and among locations. **Euphytica** **191**: 365–373.

Harel D, Fadida H, Slepoy A, Gantz S e Shilo K (2014) The Effect of Mean Daily Temperature and Relative Humidity on Pollen, Fruit Set and Yield of Tomato Grown in Commercial Protected Cultivation. bl 167–177.

Henderson CR (1984) Applications of linear models in animal breeding. **Guelph: University of Guelph**.

IBGE (2007) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Rio de Janeiro**. Available at <<https://censos2007.ibge.gov.br>> Toegang verkry 13 April 2019.

IEA (2019) Instituto de Economia Agrícola. Available at <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)> Toegang verkry 16 Julie 2019.

Kluge RA, Tezotto-Uliana JV e Silva PPM (2015) Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese. **Revista virtual de química** **7**: 56–73.

Kyriacou MC, Roupael Y, Di Gioia F, Kyratzis A, Serio F, Renna M, De Pascale S e

- Santamaria P (2016) Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology** **57**: 103–115.
- Loose LH, Maldaner IC, Heldwein AB, Lucas DDP e Righi EZ (2014) Maximum evapotranspiration and crop coefficient of eggplant cultivated in plastic greenhouse/Evapotranspiracao maxima e coeficiente de cultura da berinjela cultivada em estufa plastica. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental** **18**: 250+.
- Maia MCC, Resende MDV, Paiva JR, Cavalcanti JJV e Barros LM (2009) Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical** **39**: 43–50.
- Marques DC (2003) Produção da berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água. Universidade Federal de Lavras.
- Martinelli AP (2013) Métodos AMMI, GGE BIPLLOT, REML/BLUP e análise de fatores na estabilidade e estratificação de ambientes de safrinha para seleção de híbridos de milho.
- Medeiros PRF, Duarte SN e Dias CTS (2009) Tolerância da cultura do pepino a salinidade em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental** **13**: 406–410.
- Meyer RS, Karol KG, Little DP, Nee MH e Litt A (2012) Phylogeographic relationships among Asian eggplants and new perspectives on eggplant domestication. **Molecular Phylogenetics and Evolution** **63**: 685–701.
- Mills PJW, Smith IE e Marais G (1989) A greenhouse design for a cool subtropical climate with mild winters based on microclimatic measurements of protected environments. bl 83–94. In **II Workshop on Greenhouse Construction and Design** **281**.
- Montemor KA e Souza DTS (2009) Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). **Zootecnia Tropical** **27**: 97–103.
- Patterson HD e Thompson R (1971) Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika** **58**: 545–554.

- Piepho H-P (1997) Analyzing genotype-environment data by mixed models with multiplicative terms. **Biometrics** 761–766.
- Praça JM, Thomaz A e Caramelli B (2004) O suco de berinjela (*Solanum melongena*) não modifica os níveis séricos de lípides. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia** 82: 269–272.
- Prasad BVG e Chakravorty S (2015) Effects of climate change on vegetable cultivation-a review. *bl* 923–929.
- Rampazzo R, Junior SS, Nunes MCM, Silva Neves SMA e Ferreira RF (2014) Eficiência de telas termorefletoras e de sombreamento em ambiente protegido tipo telado sob temperaturas elevadas. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA-REVENG** 22: 33–42.
- Regitano Neto A, Ramos Junior EU, Gallo PB, Freitas JG e Azzini LE (2013) Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Revista Ciência Agronômica** 44: 512–519.
- Reis LS, Azevedo CA V, Albuquerque AW e Junior JFS (2013) Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 386–391.
- Reis LS, Souza JL, Azevedo CA V, Lyra GB, Ferreira Junior RA e Lima VLA (2012) Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 16: 739–744.
- Resende MDV (2002) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Embrapa Informação Tecnológica. **Colombo: Embrapa Florestas.**
- Resende MDV, Furlani-Júnior E, Moraes MLT e Fazuoli LC (2001) Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia** 60: 185–193.
- Resende MDV (2007a) **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético.** Embrapa Florestas.
- Resende MDV (2007b) Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. **Colombo: Embrapa Florestas, 359p.**

- Resende MDV (2004) Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. **Embrapa Florestas-Documentos (INFOTECA-E)**.
- Ribeiro CS da C, Brune S e Reifschneider FJB (1998) Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Embrapa Hortaliças-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E)**.
- Rodrigues WP, Vieira HD, Barbosa D, Souza Filho GR e Candido LS (2013) Adaptability and genotypic stability of *Coffea arabica* genotypes based on REML/BLUP analysis in Rio de Janeiro State, Brazil. **Genetics and Molecular Research 12**: 2391–2399.
- Rosado AM, Rosado TB, Alves AA, Laviola BG e Bhering LL (2012) Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 47**: 964–971.
- Santos A dos, Ceccon G, Teodoro PE, Correa AM, Alvarez R de CF, Silva JF e Alves VB (2016) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão caupi ereto via REML/BLUP e GGE Biplot. **Bragantia 75**: 299–306.
- Schaeffer LR (2004) Application of random regression models in animal breeding. **Livestock Production Science 86**: 35–45.
- Seabra Júnior S, Neves SMAS, Nunes MCM, Inagaki AM, Silva MB, Rodrigues C e Diamante MS. Cultivo de alface em Cáceres MT: perspectivas e desafios. Disponível em < [www.revistas2.uepg.br](http://www.revistas2.uepg.br) > Capa > v. 8, n. 1 (2012) > Seabra Junior > Revista Conexão, v. 8, n. 1, p. 130-137, 2012.
- Searle SR, Casella G e McCulloch CE (2009) **Variance components**. John Wiley & Sons.
- Shahbaz M, Mushtaq Z, Andaz F e Masood A (2013) Does proline application ameliorate adverse effects of salt stress on growth, ions and photosynthetic ability of eggplant (*Solanum melongena* L.)? **Scientia horticultrae 164**: 507–511.
- Silva BA, Silva AR e Pagiuca LG (2014) Cultivo protegido: em busca de mais eficiência produtiva. **Hortifruti Brasil 1**: 10–18.
- Silva EM (2010) Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade do solo para a cultura da berinjela. Universidade de São Paulo.

- Silva GO, Carvalho ADF, Vieira JV e Benin G (2011) Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia** **70**: 494–501.
- Squilassi MG (2003) Interação de genótipos com ambientes. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Livro técnico (INFOTECA-E)**.
- Stehmann JR, Mentz LA, Agra MF, Vignoli-Silva M, Giacomini L e Rodrigues IMC (2015) Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Solanaceae**. Available at <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB225>> Toegang verkry 07 April 2019.
- Strasser RJ, Srivastava A e Tsimilli-Michael M (2000) The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. **Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation & Adaptation**.
- Sturion JA e Resende MDV (2005) Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) para a produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Pesquisa Florestal Brasileira** **37**.
- Terasawa Jr F, Vencovsky R e Koehler H (2008) Environment and genotype-environment interaction in maize breeding in Paraná, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology** **8**.
- Torricelli R, Ciancaleoni S e Negri V (2014) Performance and stability of homogeneous and heterogeneous broccolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) varieties in organic and low-input conditions. **Euphytica** **199**: 385–395.
- Valadares RN, Nóbrega DA, Moreira CS, Silva JAS, Mendes AQ, Silva FS, Costa ÍJN e Menezes D (2019) Selection of eggplant genotypes tolerant to high temperatures. **Journal of Experimental Agriculture International** **1–10**.
- Weber LC, Amaral-Lopes AC, Boiteux LS e Nascimento WM (2013) Produção e qualidade de sementes híbridas de berinjela em função do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira** **31**: 461–466.
- Yujie Z (2007) Influence of Low Temperature and Weak Light on Growth of Warm-season Vegetables. **Journal of Anhui Agricultural Sciences** **35**: 44.



## **CAPÍTULO II**

---

### **ESTIMAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE BERINJELA SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO VIA MODELOS MISTOS**

## 2. ESTIMAÇÃO DA ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE BERINJELA SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE SOMBREAMENTO VIA MODELOS MISTOS

### 2.1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a interação entre genótipos de berinjela e ambientes, utilizando o procedimento REML/BLUP, com a finalidade de identificar genótipos que reúnam, simultaneamente, alta produtividade, adaptabilidades e estabilidades genotípicas. Os experimentos foram conduzidos em duas épocas (Época 1: Maio-Outubro/2019 e Época 2: Novembro/2019-Abril/2020) em estufas agrícolas com três tipos de sombreamento: 1) Sem cobertura (SC); 2) Cobertura com plástico filme difusor de 130 Micras (PD) e 3) Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras + tela de sombreamento de 50% (TS). A combinação dos dois fatores (Tipo de sombreamento x Época do ano) deram origem aos seis ambientes avaliados (E1-SC, E1-PD, E1-TS, E2-SC, E2-PD e E2-TS). Em todos os ambientes foram avaliados 12 genótipos de berinjela, com quatro repetições e a parcela experimental composta por quatro plantas. Foram avaliados quatro caracteres: Índice de pegamento de fruto (IPF), Número de frutos por planta (NF), Produção média de frutos por planta em g (PP) e Viabilidade polínica *in vitro* (VPIV). Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos foram realizadas as análises estatísticas e a estimação dos parâmetros genéticos baseadas em modelos mistos do tipo REML/BLUP, empregando o software SELEGEN e o modelo estatístico 51. De acordo com os resultados obtidos os genótipos 135x60, 135x51, 135x141, CNPH 109, 109x60 e 109x141 destacados através do método MHPRVG podem ser utilizados para cultivo em vários ambientes.

**Palavras-chave:** *Solanum melongena* L., interação genótipo x ambiente, REML/BLUP.

### 2.2 ABSTRACT

This work aimed to evaluate the interaction between eggplant genotypes and environments, using the BLUP / REML procedure, in order to identify genotypes that simultaneously combine high productivity, adaptability and genotypic stability. The experiments were conducted in two seasons (May-October / 2019 and November /

2019-April / 2020) in greenhouses with three types of shading: 1) Without cover; 2) Covering with 130 micron diffuser film and 3) Covering with black top and side screen with 50% shading. The combination of the two factors (Shading type x Time of year) gave rise to the six environments evaluated (E1-SC, E1-PD, E1-TS, E2-SC, E2-PD and E2-TS). In all locations, 12 eggplant genotypes were evaluated, with four replications and the experimental plot consisting of four plants. Four characters were evaluated: Fruit Catch Index (IPF), Number of fruits per plant (NF), Average fruit production per plant in g (PP) and In vitro pollen grain germination (GPIV). To assess the adaptability and stability of the genotypes, statistical analyzes and the estimation of genetic parameters were carried out based on mixed models of the REML / BLUP type, using the SELEGEN software and the statistical model 51. According to the results obtained, the 135x60 genotypes, 135x51, 135x141, CNPH 109, 109x60 and 109x141 highlighted by the MHPRVG method can be used for cultivation in various environments.

**Key words:** *Solanum melongena* L., Genotype x environment interaction, REML/BLUP.

### 2.3 INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma das hortaliças mais conhecidas da família Solanaceae, que inclui o tomate, batata, jiló, pimentas e o pimentão. É uma espécie cultivada predominantemente na Ásia, cuja produção de 2019 foi aproximadamente 93,6% da produção mundial, sendo a China e a Índia os principais produtores (FAO 2019). No Brasil, a produção concentra-se na região Centro-Sul, onde a área cultivada está em torno de 1550 ha/ano (Boiteux *et al.* 2016). Entretanto, não há dados recentes acerca da produtividade e comercialização da berinjela a nível nacional, tal ausência de informações é justificada pela baixa preferência da berinjela nos pratos da culinária brasileira, seja ela pura ou como ingrediente (Delazari *et al.* 2019).

Esse cenário vem mudando a cada dia, visto que a sociedade demonstra maior interesse em produtos hortícolas de elevada qualidade, com melhores propriedades organolépticas, nutricionais e funcionais (Kyriacou *et al.* 2016, Bisbis *et al.* 2018). Neste quesito, a berinjela destaca-se por seu valor nutricional, com alto teor de sais

minerais, vitaminas e fibras. Além disso, também apresenta valor medicinal, uma vez que, possui propriedades que auxiliam no controle dos níveis de colesterol e pressão arterial (Ribeiro *et al.* 1998, Antonini *et al.* 2002, Weber *et al.* 2013). Portanto, é um alimento importante para ser inserido numa dieta nutritiva e saudável, podendo ser consumida fresca ou cozida. Os consumidores brasileiros e apreciadores da berinjela demonstram preferência pelo frutos de casca roxa e formato oblongo (Boiteux *et al.* 2016).

Para o cultivo da berinjela, as condições climáticas que favorecem seu desenvolvimento estão entre 25 e 35°C para temperatura e 80% para umidade relativa do ar (Ribeiro *et al.* 1998, Adamczewska-Sowińska e Krygier 2013). Contudo, temperatura superior a 32°C causa a redução drástica da produtividade (Baswana *et al.* 2006). No Nordeste, a temperatura ultrapassa facilmente os 32°C no interior de casas de vegetação cobertas com filme difusor, nestas circunstâncias, quando as altas temperaturas coincidem com a época de florescimento da berinjela, observa-se a má formação e/ou abortamento de frutos, conseqüentemente redução significativa da produtividade (Valadares *et al.* 2019).

Neste caso, é necessário a utilização de materiais capazes de manter a produtividade elevada quando cultivados nesses ambientes em qualquer época do ano. Para a seleção de genótipos superiores de berinjela é importante o conhecimento do desempenho produtivo que as linhagens e/ou híbridos possuem em diferentes ambientes, seja campo ou ambiente protegido, com suas respectivas variações. Além disso, é imprescindível o conhecimento e capitalização da interação entre os genótipos e os ambientes (Santos *et al.* 2016).

Através das análises de adaptabilidade e estabilidade é possível verificar o desempenho de um genótipo em relação às variações ambiental (Carvalho *et al.* 2017). Dentre os métodos existentes encontra-se o REML/BLUP (Máxima Verossimilhança Residual ou Restrita/Melhor Predição Linear Não Viesada). Este método tem como premissa: quanto menor for o desvio-padrão do comportamento genotípico entre dois locais, maior será a média harmônica de seus valores genotípicos entre dois locais. Desta forma, a seleção pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos (MHVG) implica simultaneamente seleção para produtividade e estabilidade (Resende 2007b).

Para a estimação da adaptabilidade, utiliza-se a performance relativa dos valores genotípicos (PRVG) através dos ambientes. Neste contexto, os valores genotípicos preditos (ou os dados originais) são expressos como proporção da média geral de cada local e, posteriormente, obtém-se o valor médio dessa proporção através dos locais. A seleção simultânea para caracteres ligados à produtividade, estabilidade e adaptabilidade, no contexto dos modelos mistos, pode ser realizada pelo método da média harmônica da performance relativa dos valores genéticos (MHPRVG) preditos (Silva *et al.* 2011, Rosado *et al.* 2012).

Diante disto, o presente trabalho teve objetivo estimar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos de berinjela sob diferentes tipos de sombreamento e épocas do ano pelo método REML/BLUP, visando gerar informações aos programas de melhoramento genético de berinjela.

## **2.4 MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos em estufas agrícolas localizadas na Área de Fitotecnia, Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, contendo 12 tratamentos, sendo representados por 12 genótipos de berinjela, com quatro repetições e a parcela experimental composta por quatro plantas.

Os 12 genótipos avaliados foram: quatro acessos pertencentes ao Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH) – EMBRAPA (CNPH 60, CNPH 135, CNPH 109 e CNPH 410), seis híbridos experimentais produzidos com acessos do CNPH (109x141, 135x60, 135x51, 47x60, 135x141 e 109x60) e duas cultivares comerciais (Ciça e Embú).

Os genótipos foram avaliados em duas épocas, cujas variáveis climáticas encontram-se na figura 1.

Época 1: Maio-Outubro/2019 caracterizada por apresentar temperatura média de 24,7°C e 282,4mm de precipitação;

Época 2: Novembro/2019-Abril/2020 caracterizada por apresentar temperatura média de 26,2°C e 121,2mm de precipitação.

Os experimentos foram avaliados sob três tipos de sombreamento:

- I) Sem cobertura;
- II) Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras;
- III) Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras + tela de sombreamento de 50%.

A combinação dos dois fatores (Tipo de sombreamento x Época do ano) deram origem aos seis ambientes avaliados neste trabalho:

**Ambiente 1-** Época 1 + Sem cobertura (E1-SC);

**Ambiente 2-** Época 1 + Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras (E1-PD);

**Ambiente 3-** Época 1 + Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras + tela de sombreamento de 50% (E1-TS);

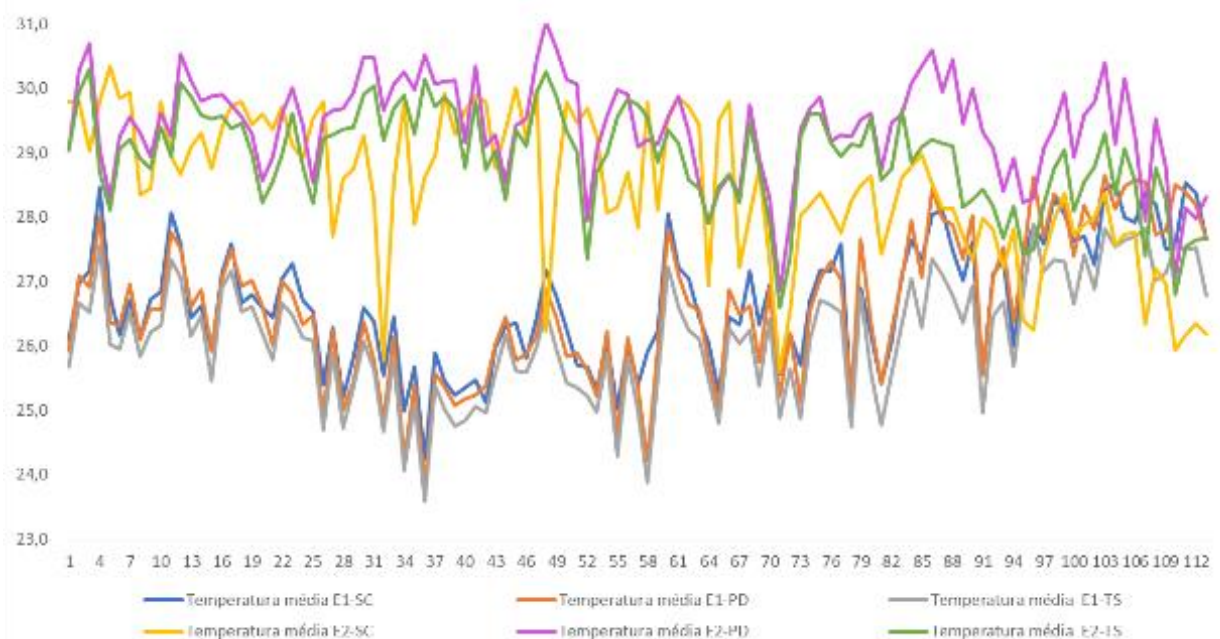
**Ambiente 4-** Época 2 + Sem cobertura (E2-SC);

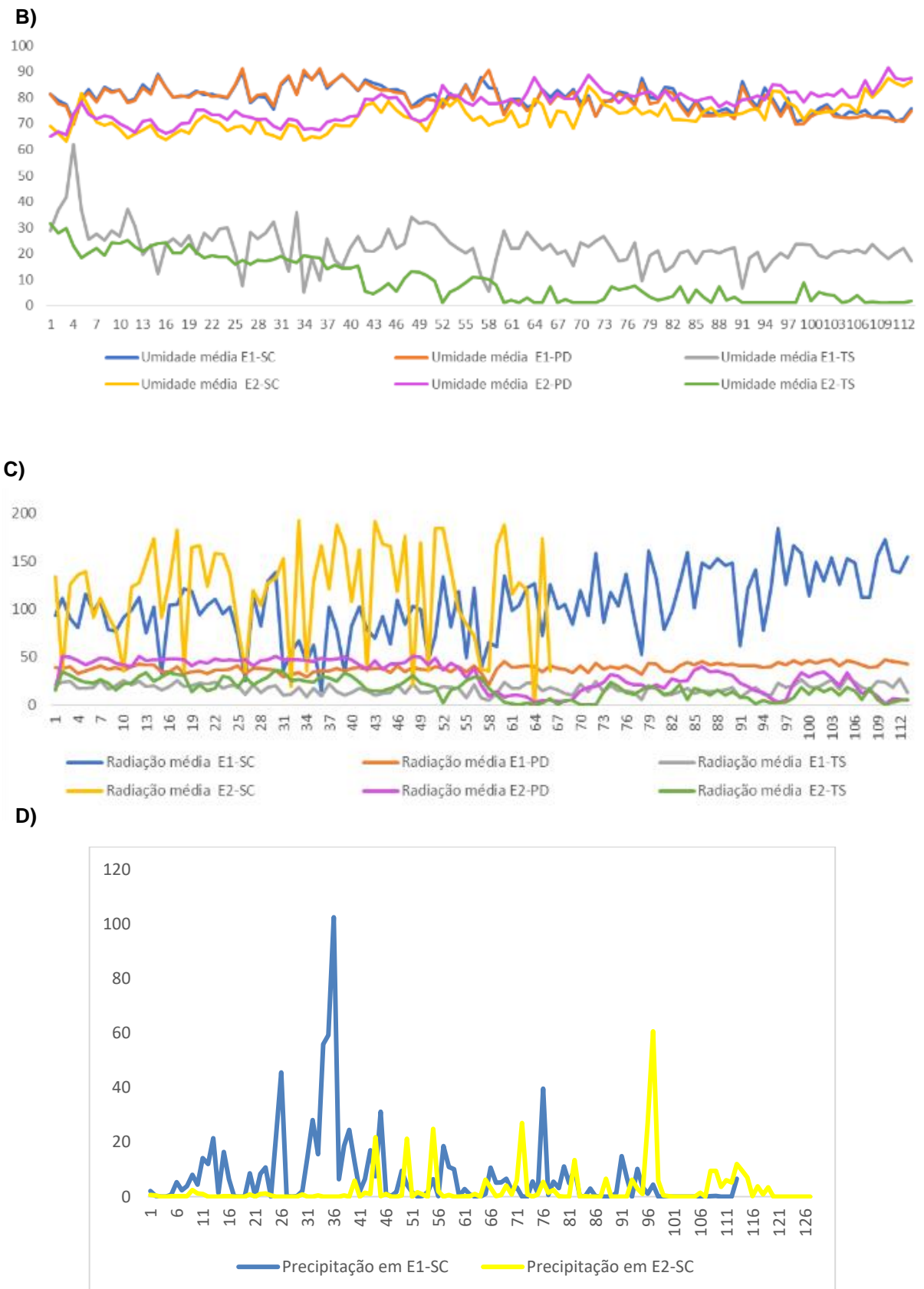
**Ambiente 5-** Época 2 + Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras (E2-PD);

**Ambiente 6-** Cobertura com plástico filme difusor de 130 micras + tela de sombreamento de 50% (E2-TS).

Para a caracterização climática dos ambientes foram obtidos os dados de temperatura relativa do ar, umidade relativa do ar e saldo de radiação solar através de um mini datalogger modelo HOBO e pela Estação Meteorológica Automática do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Dados apresentados nos gráficos A, B, C e D.

**A)**





**Figura 1.** Valores médios da **(A)** Temperatura média ( $^{\circ}\text{C}$ ), **(B)** Umidade relativa do ar (%), **(C)** Radiação solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) e **(D)** Precipitação (mm) nos seis ambientes (três tipos de sombreamento x duas épocas), Recife, UFRPE, 2019-2020.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 162 células, utilizando-se pó de coco lavado como substrato. As mudas foram mantidas em casa de vegetação, em sistema hidropônico por subirrigação. Quando as mudas apresentaram quatro folhas definitivas foram repicadas para vasos de 400 ml e após dez dias, quando as mudas apresentaram seis folhas definitivas, foram transplantadas para vasos com capacidade de 5,5 litros. Para ambos, o substrato utilizado foi o pó de coco lavado.

As plantas tiveram suas necessidades hídricas supridas através do sistema hidropônico por gotejamento, este foi controlado por timer digital e ajustado de acordo com as variações das condições climáticas. A nutrição mineral foi realizada utilizando-se solução nutritiva contendo Nitrato de cálcio (2250g), Nitrato de potássio(1350g), Sulfato de magnésio (1200g), Fosfato monoamônico (600g), Fosfato monopotássico (450g), Quelatec® (75g) e Ultraferro® (75g) para 3000 litros de água.

Para verificar o efeito dos diferentes tipos de sombreamento, assim como da época do ano, no desenvolvimento e na produção da berinjela, foram avaliados os seguintes caracteres: IPF - Índice de pegamento de fruto (%), NF - Número de frutos por planta, PP - Produção média de frutos por planta (g) e VPIV – Viabilidade polínica *in vitro* (%).

Para a avaliação da adaptabilidade e estabilidade dos genótipos de berinjela foi realizada análise via modelos mistos REML/BLUP através do software Selegen (Resende 2002). Utilizou-se o modelo 51 para avaliação dos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos:

$$Y = X_r + Z_g + W_i + e,$$

Em que: Y= vetor de dados; r= vetor dos efeitos das combinações repetição local somados à média geral; g=vetor dos efeitos genotípicos; i= vetor dos efeitos da interação genótipos x ambientes; e= vetor de erros. As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. As distribuições e estruturas de médias (E) e variância (Var) assumidas:

$$E = \begin{bmatrix} y \\ g \\ c \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xr \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \text{Var} = \begin{bmatrix} g \\ i \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_g^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_i^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_e^2 \end{bmatrix}$$



O ajuste do modelo foi obtido a partir das equações de modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z+\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W+\lambda_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{g} \\ \hat{i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}$$

Em que  $\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = (1 - h_g^2 - c^2)/h_g^2$ ;  $\lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_c^2} = (1 - h_g^2 - c^2)/h_g^2$  em que:  $h_g^2 = \sigma_g^2/(\sigma_g^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2)$  corresponde à herdabilidade individual, no sentido amplo no bloco;  $c^2 = \sigma_c^2/(\sigma_g^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2)$  corresponde ao coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x ambiente;  $\sigma_g^2$  é a variância genotípica entre os genótipos de berinjelas;  $\sigma_c^2$  é variância da interação genótipo x ambiente;  $\sigma_e^2$  é a variância residual entre parcelas.

A predição dos valores genotípicos capitalizando-se a interação média nos diferentes ambientes é dada por  $\hat{\mu}_j + \hat{g}_i + \hat{g}_{em}$ , sendo calculada por:  $\hat{\mu} + ((\sigma_g^2 + \sigma_c^2/n) / \sigma_g^2) \times \hat{g}_i$ , em que  $\hat{\mu}$  é a média geral de todos os ambientes,  $n$  é o número de ambientes e  $\hat{g}_i$  é o efeito genotípico do genótipo  $i$  (Resende 2007b). Os valores da MHVG para a avaliação da estabilidade foram obtidos pela equação:  $MHVG_i = n / \sum_{j=1}^n (1/Vg_{ij})$ , em que  $n$  é o número de ambientes ( $n = 2$ ) onde se avaliou o genótipo  $i$  e  $Vg_{ij}$  é o valor genotípico do genótipo  $i$  no ambiente  $j$ , expresso como proporção da média desse ambiente (Resende 2007a). Os valores da PRVG para a adaptabilidade foram obtidos segundo a expressão:  $PRVG_i = 1/n \times (\sum_{j=1}^n Vg_{ij})/M_j$ , onde  $M_j$  é a média dos caracteres avaliados no ambiente  $j$ . A seleção conjunta, considerando-se, simultaneamente, os caracteres, a estabilidade e a adaptabilidade, é dada pela estatística MHPRVG:  $MHPRVG_i = n / (\sum_{j=1}^n 1/Vg_{ij})$ .

Para avaliação genética pelos maiores valores da média harmônica dos valores genotípicos foi utilizado o método (MHPRVG); conforme descrito por (Resende 2002). Essas análises foram realizadas utilizando o Software Selegen (Resende 2007b).

## 2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, encontram-se os parâmetros genéticos (REML individual) em diferentes ambientes para os caracteres relacionados com a produção dos 12 genótipos de berinjela.

Os parâmetros coeficiente de variação experimental (CVe) e acurácia da seleção (ACgen) são utilizados para quantificar a precisão experimental. Neste estudo, tais parâmetros apresentaram valores abaixo de 23% para o CVe e valores superiores a 93% para a Acgen em todas as características avaliadas. Estas estimativas revelam uma excelente precisão experimental, indicando uma maior segurança e credibilidade na seleção de genótipos superiores em relação às características estudadas (Henderson 1984).

Os coeficientes de variação genética individual (CVgi) apresentaram valores alto para IPF (41,73), moderados para NF (25,19%) e PP (27,68%), e baixo para VPIV (8,28%). Os valores indicados para este parâmetro foram superiores ao encontrados para o coeficiente de variação experimental (CVe) para todas as variáveis, sendo uma característica desejável no processo de seleção (Cruz *et al.* 2014).

A herdabilidade da média dos genótipos ( $h^2_{mg}$ ) é estimada quando se utiliza médias como unidade de seleção e avaliação (Maia *et al.* 2009). Neste caso, as  $h^2_{mg}$  foram consideradas de alta magnitude (>88%) para todas as características, possibilitando a seleção dos genótipos com base nas médias genotípicas. Além disso, demonstram que se atingiu um nível alto de precisão, em decorrência da redução dos erros experimentais (Resende *et al.* 2001).

**Tabela 1.** Parâmetros genéticos (REML individual) considerando os seis ambientes para os caracteres PP – Produção por planta, IPF - índice de pagamento de frutos, NF – Número de fruto por planta e VPIV - viabilidade polínica *in vitro*, Recife, UFRPE, 2019-2020.

Parâmetros	NF	PP	IPF	VPIV
$V_g$	4,92	461390,78	14,97	44,87
$V_{int}$	3,60	299358,68	4,91	17,01
$V_e$	3,53	249577,05	11,32	26,82
$V_f$	12,53	1042775,71	32,73	92,28
$h^2_g$	0,86	0,44	0,45	0,48
$c^2_{int}$	0,28	0,28	0,15	0,18
$h^2_{mg}$	0,88	0,89	0,92	0,93
$A_{cgen}$	0,93	0,94	0,96	0,96
$r_{gloc}$	0,57	0,60	0,75	0,72
$CV_{gi}\%$	25,19	27,68	41,73	8,28
$CV_{e}\%$	13,18	12,55	22,50	3,96
<b>Média</b>	<b>8,80</b>	<b>2453,57</b>	<b>9,27</b>	<b>80,82</b>

$V_g$ : variância genotípica;  $V_{int}$ : variância da interação genótipo x ambiente;  $V_e$ : variância residual;  $V_f$ : variância fenotípica individual;  $h^2_g$ : herdabilidade de parcelas individuais no sentido amplo;  $c^2_{int}$ : coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipo x locais;  $h^2_{mg}$ : herdabilidade da média

de genótipo;  $A_{cgen}$ : acurácia da seleção de genótipos;  $r_{gloc}$ : correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes;  $CV_{gi\%}$ : coeficiente de variação genotípica;  $CV_{e\%}$ : coeficiente de variação residual.

A herdabilidade individual no sentido amplo foi de alta magnitude para NF e média para as variáveis PP, IPF e VPIV. Tais resultados são assegurados com a observação das variâncias genotípicas, ambientais e fenotípicas. Para todos os caracteres, as variâncias genotípicas foram superiores às ambientais, demonstrando que o fenótipo teve menor influência ambiental (Resende *et al.* 2001).

Os coeficientes de determinação dos efeitos da interação genótipos x ambientes ( $c^2_{int}$ ) foram de 0,15 para IPF, 0,18 para VPIV e 0,28 para NF e PP. Estes valores referem-se à proporção da variabilidade fenotípica total explicada pela interação G x A (Sturion em Resende 2005). Logo, a interação genótipos x ambientes influenciou mais a variância fenotípica ( $V_f$ ) para os caracteres NF e PP.

Por meio da correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes ( $r_{gloc}$ ), verifica-se a confiabilidade de quão constante será o “ranqueamento” dos genótipos nos diferentes ambientes testados (Maia *et al.* 2001). Os valores do  $r_{gloc}$  para PP e NF foram considerados intermediários, 0,60 e 0,57, respectivamente. Nestes casos, encontra-se um nível moderado de interação complexa, ou seja, os genótipos não tiveram o mesmo comportamento nos diferentes locais onde foram avaliados. Por isso, há a necessidade em considerar a adaptabilidade e estabilidade para fins de seleção. Em contrapartida, para as variáveis IPF e VPIV os valores encontrados foram de 0,75 e 0,72, indicando que os genótipos tiveram o mesmo comportamento nos diferentes ambientes.

Na tabela 2, é possível inferir os valores genotípicos preditos sem interferência ( $u + g$ ) e com interferência do ambiente ( $u + g + gem$ ), o ganho e a nova média, além do efeito genotípico ( $g$ ). Quando os valores do efeito genotípico predito são negativos, há uma indicação de que o genótipo está abaixo da média geral para cada característica. Portanto, recomenda-se que tais genótipos devem ser descartados. Conforme os dados obtidos, os genótipos CNPH 135 e CNPH 60 ficaram abaixo da média para todos os caracteres avaliados (Maia *et al.* 2009).

Segundo (Resende 2007b), a metodologia REML/BLUP possibilita o ordenamento dos genótipos potenciais para seleção, desta forma permite a exploração de toda a variação genotípica entre e dentro de progênies para cada caráter separadamente. Neste caso, a avaliação dos ganhos genéticos é realizada a

partir da comparação dos seus valores genotípicos preditos livres de interação ( $u+g$ ) e dos valores genotípicos preditos acrescidos da interação média entre ambientes ( $u+g+gem$ ).

Na classificação das médias genotípicas preditas ( $u+g$ ) considerando os seis ambientes em conjunto, a cultivar Ciça destaca-se posicionando-se entre os seis genótipos com maior valor de ( $u+g$ ) para todos os caracteres avaliados. Os genótipos CNPH 109, 135x141, 135x51, 135x60 e 109x141 também se destacam, uma vez que estão entre os seis melhores genótipos para três características avaliadas. Quando se utiliza as médias genotípicas para ranqueamento dos genótipos, esses podem ser indicados para o cultivo em diferentes locais daqueles avaliados, pois esta estimativa não está acumulando o efeito da interação genótipo x ambiente. Portanto, espera-se desta forma que os genótipos se comportem da mesma maneira em diferentes ambientes (Maia *et al.* 2009).

Nota-se também na tabela 2, que a classificação dos 12 genótipos segue a mesma ordem pelos critérios  $u+g$  e  $u+g+gem$ . Entretanto, apesar dessas duas seleções serem idênticas no que se refere aos genótipos selecionados, as predições dos valores genotípicos são maiores em  $u+g+gem$ . Porém, essa superioridade só será capitalizada se tais genótipos forem plantados em áreas com os mesmos padrões de interação genótipos x ambientes do experimento avaliado. Com isso, as médias genotípicas baseadas em  $u + g$  são mais seguras (Castro *et al.* 2018).

Na tabela 3, encontra-se o ordenamento dos genótipos considerando os ambientes individuais para todos os caracteres avaliados. Vale salientar que os valores de BLUPs para os ambientes individuais são menos precisos do que os apresentados na tabela 2. O ranqueamento dos genótipos nos ambientes separados, foi distinto para todos os caracteres analisados, porém, o genótipo 135x51 destacou-se posicionando-se entre os cinco melhores genótipos para as variáveis PP, NF e IPF.

Os resultados esperados para PP, IPF, NF e VP penalizando ou capitalizando os genótipos de acordo com seu desempenho em relação a estabilidade (MHVG), adaptabilidade (PRVG) e adaptabilidade e estabilidade (MHPRVG) estão na Tabela 4.

Segundo Cruz *et al.* (2014), a adaptabilidade é a capacidade dos genótipos se beneficiarem ao estímulo do ambiente, desta forma, indica a capacidade dos

genótipos responderem de maneira favorável a melhoria do ambiente. Para predição da adaptabilidade de valores genotípicos pode ser utilizado o método PRVG - Performance Relativa dos Valores Genéticos. Nesta metodologia, os valores genotípicos preditos são expressos como proporção da média geral de cada local e, posteriormente, obtém-se o valor médio desta proporção através dos locais (Resende 2007a).

De acordo com o PRVG, os cinco genótipos que apresentaram maior capacidade adaptativa nos seis ambientes avaliados em ordem decrescente para o caráter PP foram: 135x60, 135x51, 47x60, 135x141 e 109x60; para o caráter IPF: 135x141, 135x51, 109x141, 135x60 e CNPH 109; para o caráter NF: 135x141, 135x51, CNPH 109, 135x60 e 109x141 e para o caráter VPIV: 410, Ciça F<sub>1</sub>, 109x60, CNPH 109 e 109x141 (Tabela 4). É possível verificar na tabela 2 que o valor genotípico médio nos vários ambientes (u+g+gem) gerou resultados muito próximos aos demonstrados acima.

A estabilidade está relacionada ao comportamento previsível do genótipo frente as mudanças ambientais (Cruz *et al.* 2014). É possível prever a estabilidade por meio dos valores da MHVG - Média Harmônica dos Valores Genotípicos (Tabela 4). Desta maneira a seleção baseada nesses valores contempla simultaneamente, bom desempenho para os caracteres (PP, IPF, NF e VPIV) e a estabilidade.

Segundo esse critério, os cinco genótipos que associaram ambos atributos foram: 135x51, 135x60, 135x141, 47x60 e 109x60 para PP; 135x141, 135x51, 109, 135x60 e 109x141 para NF; 410, Ciça, 109, 109x60 e 109x141 para VPIV 135 e 135x141, Ciça, 135x60 e Embú para IPF (Tabela 4). Tais resultados são similares aos valores genotípicos encontrados na tabela 2, exceto para o IPF. Para essa variável, dos cinco melhores genótipos encontrados para MHVG, o CNPH 135, Ciça e Embú não estão entre os melhores classificados pela análise conjunta dos valores genotípicos. De modo geral, pode-se notar que os melhores genótipos classificados para MHVG também foram para PRVG.

O método MHPRVG - Média Harmônica da Performance Relativa dos Valores Genéticos proposto por Resende (2004) é utilizado para a seleção simultânea por caráter, adaptabilidade e estabilidade (Tabela 4). O método MHPRVG se baseia em valores genotípicos preditos, via modelos mistos, e agrupa, numa única estatística, os

três parâmetros facilitando, a seleção de genótipos superiores (Regitano Neto *et al.* 2013). A seleção simultânea, considerando-se os três parâmetros, destaca os genótipos CNPH135xCNPH60, CNPH135xCNPH51, CNPH135xCNPH141, CNPH 109, CNPH109xCNPH60 e CNPH109xCNPH141, visto que tais genótipos encontram-se entre os cinco primeiros para três dos caracteres avaliados (Tabela 4).

Houve concordância entre os três métodos para os caracteres PP, NF e GPIV, tornando evidente a ocorrência da manutenção da ordem dos materiais pelos três métodos propostos. Indicando que o PRVG, MHVG e MHPRVG apresentam alto grau de concordância no ordenamento dos materiais. Assim, os genótipos destacados anteriormente através do método MHPRVG podem ser utilizados para cultivo em vários ambientes, com diferentes interações genótipos x ambientes (Maia *et al.* 2009).

**Tabela 2.** Ordenamento dos genótipos de berinjela, considerando os seis ambientes em conjunto para os caracteres PP – Produção por planta, IPF - índice de pegamento de frutos, NF – Número de fruto por planta e VPIV - viabilidade polínica *in vitro*, Recife, UFRPE, 2019-2020.

Caráter	Ordem	Genótipo	g	u+g	Ganho	Nova média	U+g+gem
NF	1°	135x141	4,38	13,19	4,38	13,19	13,72
	2°	109	1,90	10,71	3,14	11,95	10,94
	3°	135x51	1,84	10,65	2,71	11,52	10,87
	4°	135x60	0,93	9,73	2,26	11,07	9,85
	5°	Ciça	0,32	9,13	1,88	10,68	9,17
	6°	109x141	-0,07	8,72	1,55	10,36	8,71
	7°	Embú	-0,09	8,71	1,31	10,12	8,70
	8°	109x60	-0,49	8,31	1,09	9,89	8,25
	9°	47x60	-1,78	7,01	0,77	9,57	6,80
	10°	60	-2,13	6,67	0,48	9,28	6,41
	11°	135	-2,39	6,41	0,22	9,02	6,12
	12°	410	-2,42	6,37	0,00	8,80	6,08
PP	1°	135x60	827,46	3281,03	827,46	3281,03	3370,51
	2°	135x51	563,48	3017,05	695,47	3149,04	3077,98
	3°	47x60	531,57	2985,14	640,83	3094,40	3042,62
	4°	Ciça	436,40	2889,97	589,72	3043,30	2937,16
	5°	135x141	340,31	2793,88	539,84	2993,41	2830,68
	6°	109x60	261,25	2714,82	493,41	2946,98	2743,08
	7°	109	74,35	2527,92	433,54	2887,12	2535,96
	8°	Embú	66,88	2520,45	387,71	2841,28	2527,68
	9°	135	-448,11	2005,45	294,84	2748,41	1956,99
	10°	109x141	-545,94	1907,62	210,76	2664,33	1848,58
	11°	60	-844,22	1609,34	114,85	2568,42	1518,05
	12°	410	-1263,44	1190,13	0,00	2453,57	1053,50
IPF	1°	135x141	6,57	15,84	6,57	15,84	16,20
	2°	135x51	4,51	13,78	5,54	14,81	14,03
	3°	135x60	2,62	11,89	4,57	13,84	12,04
	4°	109x141	2,15	11,42	3,96	13,23	11,53
	5°	Ciça	2,06	11,33	3,58	12,85	11,44
	6°	109	0,90	10,18	3,14	12,41	10,23
	7°	47x60	-1,79	7,47	2,43	11,70	7,37
	8°	Embú	-1,98	7,28	1,88	11,15	7,17
	9°	109x60	-2,29	6,97	1,41	10,68	6,84
	10°	135	-3,86	5,41	0,88	10,16	5,19
	11°	60	-4,42	4,84	0,40	9,67	4,60
	12°	410	-4,47	4,79	0,00	9,27	4,55
GPIV	1°	410	6,51	87,34	6,51	87,34	87,75
	2°	Ciça	4,16	84,99	5,34	86,16	85,25
	3°	109x60	3,27	84,09	4,65	85,47	84,30
	4°	109	3,23	84,05	4,29	85,12	84,26
	5°	109x141	2,48	83,31	3,93	84,76	83,47
	6°	47x60	2,31	83,14	3,66	84,49	83,28
	7°	Embú	2,24	83,06	3,46	84,28	83,20
	8°	135x60	1,02	81,84	3,15	83,98	81,90
	9°	135x141	0,08	80,90	2,81	83,64	80,91
	10°	60	-1,23	79,59	2,41	83,23	79,51
	11°	135x51	-6,52	74,30	1,59	82,42	73,89
	12°	135	-17,59	63,22	0,00	80,82	62,117

**g:** efeitos genotípicos preditos; **u+g:** médias genotípicas preditas; **u+g+gem:** valor genotípico médio nos vários ambientes e capitaliza uma interação média com todos os ambientes.

**Tabela 3.** Ordenamento dos genótipos de berinjela, considerando os ambientes individuais para os caracteres PP – Produção por planta, IPF - índice de pegamento de frutos, NF – Número de fruto por planta e VPIV - viabilidade polínica *in vitro*, Recife, UFRPE, 2019-2020.

Ambiente	Ordem	NF		VPIV		PP		IPF	
		Genótipos	Nova Média	Genótipos	Nova Média	Genótipos	Nova Média	Genótipos	Nova Média
E1-SC	1°	135x141	21,28	47x60	89,37	135x60	5858,07	135x51	26,37
	2°	135x51	20,08	109x60	89,35	135x51	5661,12	Ciça	25,66
	3°	109	19,42	410	89,10	Embú	5560,46	135x141	24,96
	4°	Embú	18,94	109	88,52	135x141	5493,19	135x60	24,24
	5°	135x60	18,65	135x60	87,97	47x60	5418,63	109x141	23,55
	6°	Ciça	18,24	Embú	87,60	Ciça	5311,65	109	22,84
	7°	109x60	17,59	109x141	87,11	109x60	5195,63	135	22,09
	8°	60	16,99	60	86,67	109	5105,18	Embú	21,52
	9°	410	16,49	Ciça	86,03	135	4962,53	47x60	21,00
	10°	47x60	16,06	135x141	85,47	60	4826,13	109x60	20,29
	11°	109x141	15,69	135x51	84,29	109x141	4643,80	410	19,71
	12°	135	15,23	135	82,86	410	4460,63	60	19,20
E1-PD	1°	135x141	17,79	410	87,84	47x60	4651,23	135x141	21,28
	2°	135x51	16,53	Ciça	87,69	135x60	4613,62	135x51	20,33
	3°	135x60	15,76	109x141	86,52	135x51	4482,08	135x60	18,98
	4°	109	15,18	135x60	85,82	Ciça	4398,14	109	17,77
	5°	Embú	14,69	109	85,11	109x60	4265,10	47x60	17,03
	6°	109x60	14,24	109x60	84,54	135x141	4160,41	Ciça	16,51
	7°	135	13,82	135x141	84,09	Embú	4060,93	109x141	15,93
	8°	Ciça	13,47	135x51	83,66	109	3965,66	Embú	15,48
	9°	47x60	13,19	Embú	83,11	135	3851,01	109x60	14,98
	10°	60	12,94	47x60	82,67	135x141	3751,40	60	14,47
	11°	109x141	12,54	60	82,19	109x141	3590,32	135	14,05
	12°	410	12,20	135	80,69	410	3416,32	410	13,62
E1-TS	1°	135x141	3,71	135x141	85,57	135x60	1144,45	135x141	7,65
	2°	135x60	3,70	410	85,39	135x51	996,05	135x51	6,63
	3°	135x51	3,60	Ciça	84,78	109x60	932,15	135x60	5,80
	4°	109x60	3,40	109x141	84,43	47x60	867,80	109x141	5,18
	5°	109	3,23	109x60	84,07	135x141	828,98	109	4,80
	6°	109x141	2,93	109	83,66	109	764,64	109x60	4,15
	7°	47x60	2,68	135x60	83,32	135	697,86	47x60	3,61
	8°	60	2,49	60	82,98	Embú	643,37	135	-
	9°	Embú	2,32	47x60	82,70	Ciça	599,99	60	-
	10°	135	2,18	Embú	82,47	60	557,84	410	-



	11°	Ciça	2,06	135x51	81,84	109x141	523,08	Embú	-
	12°	410	1,91	135	79,48	410	471,14	Ciça	-
<b>E2-SC</b>	1°	135x141	14,82	Embú	85,89	Ciça	4001,49	135x141	20,49
	2°	Ciça	13,75	410	85,51	135x60	3820,62	109x141	18,44
	3°	109	13,29	Ciça	85,26	135x51	3664,04	135x51	17,49
	4°	135x51	12,83	109	84,56	109x60	3538,27	Ciça	16,91
	5°	109x141	12,53	47x60	84,09	47x60	3451,12	135x60	16,45
	6°	135x60	12,01	109x60	83,75	135x141	3374,70	109	15,94
	7°	109x60	11,55	135x60	82,50	109	3296,49	47x60	15,03
	8°	Embú	11,21	60	81,51	Embú	3205,30	109x60	14,33
	9°	410	10,75	109x141	80,60	109x141	3125,31	Embú	13,76
	10°	47x60	10,34	135x141	79,60	135	3033,13	60	13,11
	11°	135	9,94	135x51	78,41	410	2872,85	410	12,50
	12°	60	9,60	135	77,25	60	2719,53	135	11,88
<b>E2-PD</b>	1°	135x141	19,80	410	89,32	135x60	4445,17	135x141	14,86
	2°	109	17,82	Ciça	88,57	47x60	4268,76	135x51	14,40
	3°	109x141	16,92	109x141	87,51	Ciça	4125,41	109x141	13,77
	4°	135x51	15,94	109x60	86,72	109x60	4039,45	135x60	13,20
	5°	135x60	15,32	109	86,24	135x51	3958,42	109	12,50
	6°	Ciça	14,85	47x60	85,50	109	3897,25	Ciça	11,71
	7°	109x60	14,29	135x60	84,83	135x141	3845,19	109x60	11,03
	8°	Embú	13,80	Embú	84,29	Embú	3743,74	Embú	10,31
	9°	47x60	13,26	135x141	83,65	109x141	3659,91	47x60	9,64
	10°	60	12,71	60	83,12	135	3498,25	410	9,10
	11°	410	12,23	135x51	82,03	60	3309,86	135	8,59
	12°	135	11,79	135	79,89	410	3134,15	60	8,13
<b>E2-TS</b>	1°	135x141	4,92	410	90,39	135x51	951,86	135x141	9,39
	2°	109x141	4,39	109x141	90,37	135x141	904,23	109x141	6,56
	3°	109	4,05	135x141	89,94	109x141	816,65	135x51	5,46
	4°	135x51	3,85	109	89,48	47x60	766,10	109	4,48
	5°	Embú	3,43	Embú	89,17	Ciça	734,22	135	3,03
	6°	Ciça	3,15	47x60	88,84	109	709,09	136x60	-
	7°	135x60	2,91	Ciça	88,56	135x60	687,73	Ciça	-
	8°	135	2,72	109x60	88,20	Embú	661,81	109x60	-
	9°	109x60	2,56	135x60	87,83	109x60	641,52	47x60	-
	10°	47x60	2,39	60	87,29	135	621,65	60	-
	11°	410	2,24	135x51	86,36	60	566,72	410	-
	12°	60	2,09	135	84,74	410	519,63	Embú	-

**E1-SC:** Época 1 + Sem cobertura; **E1-PD:** Época 1 + Cobertura com plástico filme difusor; **E1-TS:** Época 1 + Cobertura com plástico filme difusor + Tela de sombreamento de 50%; **E2-SC:** Época 2 + Sem cobertura; **E2-PD:** Época 2 + Cobertura com plástico filme difusor; **E2-TS:** Época 2 + Cobertura com plástico filme difusor + Tela de sombreamento de 50%

**Tabela 4.** Estabilidade de valores genotípicos (MHVG), adaptabilidade de valores genotípicos (PRVG), estabilidade e adaptabilidade de valores genotípicos (MHPRVG) de genótipos de berinjela para os caracteres PP, IPF e VPIV. Recife, UFRPE, 2019-2020

Genótipos	PP (g)			IPF (%)			NF			GPIV (%)		
	PRVG	MHVG	MHPRVG	PRVG	MHVG	MHPRVG	PRVG	MHVG	MHPRVG	PRVG	MHVG	MHPRVG
135	0,77	837,02	0,76	-0,06	18,08	0,73	0,66	2,61	0,63	0,76	61,65	0,76
47x60	1,26	1468,29	1,25	0,68	1,60	0,49	0,70	2,51	0,66	1,03	83,12	1,02
410	0,27	9,97	0,01	0,60	6,91	0,59	0,55	0,82	0,31	1,08	87,70	1,08
60	0,48	91,68	0,15	0,60	6,20	0,56	0,62	1,51	0,47	0,98	79,39	0,98
109	1,03	1169,47	1,03	1,29	4,80	1,23	1,31	6,22	1,29	1,04	84,19	1,04
109x60	1,18	1363,33	1,13	0,74	3,37	0,71	0,96	3,99	0,90	1,04	84,22	1,04
109x141	0,78	677,63	0,67	1,76	7,15	1,42	1,09	4,56	0,96	1,03	83,14	1,03
135x60	1,48	1690,23	1,39	1,45	9,91	1,36	1,17	4,78	1,07	1,01	81,74	1,01
135x51	1,41	1861,09	1,36	2,04	8,46	1,76	1,35	6,79	1,31	0,91	73,61	0,91
135x141	1,25	1607,33	1,22	3,36	13,55	2,05	1,72	8,65	1,67	1,00	80,48	0,99
Çiça	1,11	914,28	1,00	1,13	13,01	1,11	0,94	2,96	0,84	1,05	85,18	1,05
Embú	0,93	845,77	0,88	0,80	9,14	0,79	0,89	3,18	0,84	1,02	83,06	1,02

## 2.6 Conclusões

Os métodos PRVG, MHVG e MHPRVG tiveram alto grau de concordância no ranqueamento dos genótipos de berinjela.

A metodologia MHPRVG, única realizada que permite o estudo da adaptabilidade e estabilidade genotípica, possibilitou a recomendação de genótipos para a rede experimental, bem como para cada ambiente isolado.

Os genótipos com melhor desempenho produtivo, adaptabilidade e estabilidade nos ambientes avaliados foram 135x60, 135x51, 135x141, CNPH 109, 109x60 e 109x141 para os caracteres PP, NF e IPF.

## 2.7 Referências Bibliográficas

- Adamczewska-Sowińska K e 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 e Kluge RA (2002) Capacidade produtiva de cultivares de berinjela. **Horticultura Brasileira 20**: 646–648.
- Baswana KS, Dahiya MS, Kalloo G, Sharma NK, Dhankhar BS e Dudi BS (2006) Brinjal HLB-25: a high temperature tolerant variety. **Haryana Journal of Horticultural Sciences 35**: 318–319.
- Bisbis MB, Gruda N e Blanke M (2018) Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality – A review. **Journal of Cleaner Production 170**: 1602–1620.
- Boiteux L, Mendonça L, Fonseca M, Reis A, Vilela N, González-Arcos M e Nascimento M (2016) Melhoramento de berinjela. Viçosa, bl 15–192. In Editora UFV (red) **Melhoramento de Hortaliças**.
- Carvalho ADF, Silva GO e Resende FV (2017) Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelo método REML/BLUP. **Horticultura Brasileira 35**: 69–74.
- Castro CAO, Nunes ACP, Santos OP, Resende RT, Santos GA, Resende MDV e Cruz CD (2018) Comportamento da interação genótipos por locais aos três e nove anos em clones de eucalipto. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**.
- Cruz CD, Regazzi AJ e Carneiro PCS (2014) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**.
- Rocha AC, Tavares ED, Sandrini M, Paiva R e Carvalho SA (1990) Época e intensidade de florescimento e pegamento de frutos segundo a distribuição pelos

- quadrantes em laranjeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 25: 85–88.
- Delazari F, Silva D, Picanço M e Gomide E (2019) Berinjela (*Solanum melongena* L.). Belo Horizonte, bl 180–185. In **101 Culturas – Manual de Tecnologias Agrícolas**.
- FAO (2019) Food and agriculture organization of the United Nations. Available at <<http://www.fao.org/faostat>> Toegang verkry 13 April 2020.
- Henderson CR (1984) Applications of linear models in animal breeding. **Guelph: University of Guelph**.
- Kyriacou MC, Roupheal Y, Di Gioia F, Kyrtziz A, Serio F, Renna M, De Pascale S e Santamaria P (2016) Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. **Trends in Food Science & Technology** 57: 103–115.
- Maia MCC, Resende MDV, Paiva JR, Cavalcanti JJV e Barros LM (2009) Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genóticas em clones de cajueiro, via modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Tropical** 39: 43–50.
- Regitano Neto A, Ramos Junior EU, Gallo PB, Freitas JG e Azzini LE (2013) Comportamento de genótipos de arroz de terras altas no estado de São Paulo. **Revista Ciência Agronômica** 44: 512–519.
- Resende MDV de (2002) Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Embrapa Informação Tecnológica. **Colombo: Embrapa Florestas**.
- Resende MDV de, Furlani-Júnior E, Moraes MLT de e Fazuoli LC (2001) Estimativas de parâmetros genéticos e predição de valores genotípicos no melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. **Bragantia** 60: 185–193.
- Resende MDV (2007a) **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Embrapa Florestas.
- Resende MDV (2007b) Sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. **Colombo: Embrapa Florestas, 359p**.
- Resende MDV; (2004) Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo. **Embrapa Florestas-Documents (INFOTECA-E)**.
- Ribeiro CSC, Brune S e Reifschneider FJB (1998) Cultivo da berinjela (*Solanum melongena* L.). **Embrapa Hortaliças-Outras publicações técnicas (INFOTECA-E)**.
- Rosado AM, Rosado TB, Alves AA, Laviola BG e Bhering LL (2012) Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47: 964–971.
- Santos A, Ceccon G, Teodoro PE, Correa AM, Alvarez RCF, Silva JF e Alves VB (2016) Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijão caupi ereto via REML/BLUP e GGE Biplot. **Bragantia** 75: 299–306.
- Silva GO, Carvalho ADF, Vieira JV e Benin G (2011) Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e

REML/BLUP. **Bragantia** 70: 494–501.

Strasser RJ, Srivastava A e Tsimilli-Michael M (2000) The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. **Probing Photosynthesis: Mechanism, Regulation & Adaptation**.

Sturion JA e Resende MDV (2005) Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) para a produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Pesquisa Florestal Brasileira** 37.

Valadares RN, Nóbrega DA, Moreira CS, Silva JAS, Mendes AQ, Silva FS, Costa ÍJN e Menezes D (2019) Selection of eggplant genotypes tolerant to high temperatures. **Journal of Experimental Agriculture International** 1–10.

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