

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE MODELOS MISTOS NA ESTIMAÇÃO DE COMPONENTES DE VARIÂNCIA EM MAMOEIRO

Bruna Beltrami Ronchi¹, Cristina Simão Delesposte Zanuncio², Moises Zucoloto¹, Karin Tesch Kuhlcamp³, Fabíola Lacerda de Souza Barros³, Sarah Ola Moreira²

¹ Universidade Federal do Espírito Santo/Centro Universitário Norte do Espírito Santo, Rodovia BR 101 Norte, Km 60, São Mateus, ES.

² Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/ Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Serrano, Rodovia BR 262, Km 94, Domingos Martins, ES, sarah.moreira@incaper.es.gov.br

³ Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/ Centro Regional de Desenvolvimento Rural Centro Norte, Rodovia BR 101 Norte, Km 51, Linhares, ES.

Resumo- O objetivo deste trabalho foi estimar, por meio da metodologia dos modelos mistos, os componentes de variância de características morfoagronômicas e de reação a doenças da cultivar de mamão Rubi INCAPER 511. Dezenove características foram analisadas em condições de campo. Foi realizada a estatística descritiva dos dados e a estimação de componentes de variância via REML/BLUP. Os valores da média, moda e mediana para as características foram bem próximos. Os limites superiores e inferiores identificados revelaram a grande variabilidade disponível para a realização de uma nova seleção entre os indivíduos analisados. Os indivíduos selecionados nesse experimento propiciaram uma maior área de produção de frutos por planta e a melhor qualidade dos frutos, mantendo as características de tamanho de fruto da 'Rubi Incaper 511'. Houve uma forte influência ambiental na determinação dos caracteres analisados, que pode ter sido evidenciada pela inexistência de delineamento experimental, e isso se refletiu na baixa herdabilidade. No entanto, ainda assim há possibilidade de progresso genético nos materiais analisados. A técnica de modelos mistos foi eficiente para estimar os componentes de variância na inexistência de delineamento experimental.

Palavras-chave: *Carica papaya*; REML/BLUP; cultivar Rubi Incaper 511; ausência de delineamento

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma

Introdução

Ganhos genéticos adicionais têm se tornado cada vez mais difíceis, especialmente de cultivares de espécies comerciais, submetidas a longos processos seletivos. Diante desse quadro, recursos extras, além da escolha de delineamentos genéticos, métodos de seleção e boa experimentação agrícola, fazem parte de uma tendência recente: o uso de procedimentos analíticos mais refinados, como o emprego de modelos lineares mistos, por exemplo, para o estudo mais detalhado dos componentes da média e da variância de um caráter (MAIA et al., 2009).

O uso de técnicas de avaliação genética, com base em modelos mistos do tipo REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/ melhor predição linear não viciada), são utilizados para a predição de valores genéticos aditivos e genotípicos de indivíduos com potencial para seleção, tanto em nível intrapopulacional como interpopulacional (RESENDE, 2002). Esta metodologia faz uma

previsão com bom nível de acurácia do desempenho genotípico, usando estruturas de covariâncias que consideram as correlações genéticas e as informações do coeficiente de parentesco, o que permite o uso potencial deste procedimento para selecionar genótipos superiores (CROSSA et al., 2006; RAMOS et al., 2014).

O procedimento REML/BLUP vem sendo aplicado com sucesso no melhoramento de fruteiras no Brasil, em espécies como a pupunheira (FARIAS NETO; RESENDE, 2001), o umbuzeiro (OLIVEIRA et al., 2004) e o cajueiro (MAIA et al., 2009). Em mamoeiro, o uso de modelos mistos vem sendo melhor explorado nos últimos anos, há relatos de sua utilização na estimação de parâmetros genéticos e valores genotípicos em populações segregantes, visando a seleção de indivíduos de mamoeiro para caracteres morfoagronômicos tais como comprimento, peso, firmeza e sólidos solúveis dos frutos (OLIVEIRA et al., 2012; PINTO et al., 2013),

bem como para a redução da mancha-fisiológica (PINTO et al., 2013).

Vivas et al. (2014) estimaram os componentes de variância e o valor genético de progênies de mamoeiro para incidência e severidade de mancha-de-phoma via modelos mistos. As estimativas de herdabilidade e acurácia seletiva deste trabalho permitiram predizer situação muito favorável à seleção de progênies resistentes, onde os indivíduos selecionados tiveram valores negativos de efeitos genéticos aditivos tanto para severidade quanto para incidência da doença nas folhas. Já Ramos et al. (2014) realizou a seleção dentro de progênies de retrocruzamentos de mamoeiro, utilizando os valores reais das características morfoagronômicas, os índices de seleção clássicos e com base nos valores genéticos obtidos pela metodologia REML/BLUP. Dentre os índices analisados, a melhor estratégia para aplicar a seleção combinada em mamoeiro foi utilizando valores genéticos previstos obtidos por BLUP, que teve maior consistência no ranqueamento dos materiais genéticos.

O objetivo do presente trabalho foi estimar, por meio da metodologia dos modelos mistos, os componentes de variância de características morfoagronômicas e de reação a doenças da cultivar de mamão Rubi INCAPER 511.

Metodologia

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental de Sooretama, região norte do Estado do Espírito Santo, principal produtora de mamão. O clima da região é classificado como tropical com estação seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: Aw), com temperatura anual média de 23,5°C e precipitação anual média de 1276 mm (ALVARES et al., 2013).

Inicialmente introduziu-se uma população de 750 plantas de mamoeiro da cultivar Rubi Incaper 511 sob espaçamento de 3,5 x 2 m isolada de outros cultivos de mamoeiro. No preparo da área foi realizada aração, gradagem e sulcamento. A adubação do solo, no plantio, cobertura e condução do experimento foi feita segundo análise de solo e a recomendação para a cultura (PREZOTTI, 2013). O fornecimento de água foi feito por irrigação do tipo gotejamento.

Foram plantadas três mudas por cova e, após o surgimento dos botões florais, foi realizada a sexagem, mantendo na área de cultivo apenas uma planta hermafrodita por cova. A área de plantio foi monitorada constantemente para eliminação de plantas com sintomas de mosaico

ou meleira, de forma a manter a sanidade do pomar. Demais tratamentos culturais foram realizados conforme recomendação para cultura (MARTINS; COSTA, 2003).

Após a formação dos primeiros frutos, foram selecionadas 150 plantas com padrão fenotípico condizente com a 'Rubi Incaper 511'. Aos oito meses foi medida a altura da planta, o perímetro do caule a 20 cm do solo e a altura de inserção do primeiro fruto. De cada uma destas plantas foram coletados três frutos no estágio 2 de maturação (15% da superfície amarela) onde foram avaliadas as seguintes características: massa, comprimento e largura dos frutos; espessura de polpa; comprimento e largura da cavidade ovariana; teor de sólidos solúveis; comprimento e largura de semente; peso de 100 sementes, massa fresca e seca de semente.

Avaliou-se, ainda, a incidência de pinta-preta (*Asperisporium caricae* Speg.) nas folhas e frutos e de mancha-de-phoma (*Stagonosporopsis caricae* (Sydow & P. Sydow) Aveskamp, Gruyter & Verkley) nas folhas. A incidência de sintomas de pinta-preta e de mancha-de-phoma foi avaliada na folha com a primeira flor aberta, dando notas de acordo com a porcentagem de área lesionada, conforme ANDRADE et al. (2002), em que: 1 = 0%, 3 = <5%, 5 = 6-15%, 7 = 16-25%, 8 = 26-50%, 9 = >50% de área lesionada. Para avaliação de severidade de pinta-preta no fruto foi utilizada uma escala diagramática adaptada por Vivas et al. (2010) variando de 1 = 0%; 2 = 0,1%; 3 = 0,3%; 4 = 0,6%; 5 = 1,2%; 6 = 2,5%; 7 = 5,0%; 8 = 10,0%; e 9 = 20,0% de superfície de fruto lesionada. Com os dados de severidade ao longo do tempo foram elaboradas as curvas de progresso das doenças, empregando o modelo trapezoidal (SHANER & FINNY, 1977).

A média, moda, mediana, limites superiores e inferiores, desvio padrão e coeficiente de variação foram estimadas com auxílio do programa Microsoft Excel. Para a análise estatística visando a estimação de componentes de variância entre famílias de meios-irmãos, aplicou-se a metodologia dos modelos lineares mistos, via procedimento REML/BLUP. Para tanto o plantio foi considerado como uma população estabelecida com ausência de delineamento experimental. O modelo estatístico foi definido por

$$y = Xu + Zg + Wl + Tc + e,$$

onde:

y : vetor dos dados;

u : escalar referente à média geral;

g : vetor dos efeitos genotípicos;

l : vetor dos efeitos de linha;

c: vetor dos efeitos de coluna;

e: vetor de erros ou resíduos.

Por meio desta análise, fez-se a estimação dos parâmetros genéticos via procedimentos REML (máxima verossimilhança restrita) com o auxílio do software Selegen-REML/BLUP (Resende, 2007).

Resultados

Em geral, as médias obtidas nesse experimento revelaram que os frutos da cultivar Rubi Incaper 511 possuem massa média de 1,45 kg, teor de sólidos solúveis de 11,52 °Brix, altura de inserção de primeiro fruto de 77,69 cm e de planta de 184,78 cm aos oito meses (Tabela 1). Os valores da média e da mediana para as características foram bem próximos. Isso se repete entre a média e a moda, exceto para a incidência de pinta-preta nos frutos.

Os coeficientes de variação (CV) das características avaliadas nos frutos variaram de 9,97 a 33,98% (LF e EC, respectivamente). Para

as características de arquitetura de planta, os CV foram de 11,04% para o perímetro do caule, 12,54% para a altura de inserção do primeiro fruto e 14,28% para a altura de planta. Para as variáveis de reação a doenças, os CVs verificados ficaram entre 13,16 e 25,03%, para PHO e PPFr, respectivamente. Por fim, para as características relacionadas a semente, o CV variou entre 7,95% para a largura da semente e 27,94% para a massa matéria fresca de semente.

Para todas as características analisadas a variância ambiental (σ_e^2) foram maiores que as variâncias genóticas (σ_g^2), implicando, assim em baixas herdabilidade individuais no sentido amplo (H_g^2) (Tabela 2). As herdabilidades individuais no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna (H_{adj}^2) ficaram em torno de 15% para todas as características analisadas. Os efeitos de linha e coluna foram insignificantes (dados não apresentados).

Tabela 1 – Estatística descritiva de dezenove variáveis morfoagronômicas e de reação a doenças avaliadas em 150 genótipos da cultivar Rubi INCAPER 511.

Variáveis	Média Geral	Limite Superior	Limite Inferior	Mediana	Moda	Desvio Padrão	CV (%) ¹
MF ²	1,45	2,15	0,76	1,44	1,12	0,30	21,01
LF	10,77	14,90	8,07	10,70	10,4	1,07	9,97
CF	26,36	34,70	19,37	26,54	29,9	2,96	11,22
SS	11,52	14,20	8,00	11,52	11,8	1,15	10,02
EP	2,61	3,50	1,10	2,59	3,00	0,40	15,38
EC	0,18	0,35	0,10	0,19	0,2	0,06	33,98
CCO	19,11	25,87	10,10	19,15	15,50	2,85	14,91
LCO	5,01	7,20	3,10	5,00	4,00	0,85	17,04
PHO	386,79	560,00	291,00	376,75	348,5	50,90	13,16
PPFo	362,85	623,50	259,50	348,50	291,00	69,19	19,07
PPFr	990,00	1556,50	521,5	963,00	1500,00	247,81	25,03
AP	184,78	240,00	104,00	183,50	200,00	23,18	12,54
AIPF	77,69	105,00	48,00	79,00	80,00	11,09	14,28
PC	41,92	54,00	30,00	42,00	43,00	4,63	11,04
LS	0,65	0,75	0,49	0,66	0,66	0,05	7,95
CS	0,49	0,64	0,33	0,49	0,51	0,05	9,99
P100	5,66	7,64	4,10	5,55	4,99	0,85	15,04
MMFS	92,01	154,41	32,17	89,78	100,85	25,71	27,94
MMSS	15,68	24,31	8,48	15,97	13,94	3,71	23,64

¹ CV: coeficiente de variação experimental

² MF: massa de fruto (kg); LF: largura de fruto (cm); CF: comprimento de fruto (cm); SS: teor de sólidos solúveis (°Brix); EP: espessura de polpa (cm); EC: espessura de casca (cm); CCO: comprimento da cavidade ovariana (cm); LCO: largura da cavidade ovariana (cm); PHO: incidência de mancha-de-phoma nas folhas; PPFo: incidência de pinta-preta nas folhas; PPFr: incidência de pinta-preta nos frutos; AP: altura de planta (cm); AIPF: altura de inserção do primeiro fruto (cm); PC: perímetro do caule (cm); LS: largura da

semente (cm); CS: comprimento da semente (cm); P100: peso de 100 sementes; MMFS: massa de matéria seca de semente (g); MMSS: massa de matéria seca de semente (g).

Tabela 2 - Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos para dezenove variáveis morfoagronômicas e de reação a doenças avaliadas em 150 genótipos da cultivar Rubi INCAPER 511, a partir do procedimento REML/BLUP

Variável	σ_f^2	σ_g^2	σ_e^2	H_g^2	H_{adj}^2
MF	0,110	0,015	0,093	0,137 +/- 0,085	0,139
LF	1,299	0,188	1,107	0,144 +/- 0,088	0,145
CF	8,823	1,159	7,439	0,131 +/- 0,083	0,135
SST	1,342	0,198	1,141	0,148 +/- 0,888	0,148
EP	0,196	0,0258	0,164	0,132 +/- 0,084	0,136
EC	0,026	0,004	0,022	0,147 +/- 0,089	0,147
CCO	43,726	6,044	37,240	0,138 +/- 0,086	0,140
LCO	1,001	0,149	0,850	0,149 +/- 0,090	0,149
PHO	3613,196	484,537	3048,483	0,134 +/- 0,085	0,137
PPFo	4845,522	417,664	2962,161	0,086 +/- 0,068	0,123
PPFr	62227,040	6505,745	44868,473	0,104 +/- 0,075	0,127
AP	543,020	57,332	397,914	0,106 +/- 0,075	0,126
AIPF	124,005	16,035	103,936	0,129 +/- 0,083	0,134
PC	21,712	2,108	21,712	0,097 +/- 0,072	0,127
LS	0,003	0,0003	0,002	0,128 +/- 0,083	0,134
CS	0,003	0,0003	0,002	0,125 +/- 0,082	0,132
P100	0,929	0,133	0,792	0,144 +/- 0,087	0,144
MMFS	1427,383	201,343	1215,165	0,141 +/- 0,867	0,142
MMSS	31,704	4,688	26,958	0,148 +/- 0,089	0,148

¹ σ_f^2 : variância fenotípica; σ_g^2 : variância genotípica; σ_e^2 : variância ambiental; H_g^2 : herdabilidade individual no sentido amplo; H_{adj}^2 : herdabilidade individual no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna.

² MF: massa de fruto; LF: largura de fruto; CF: comprimento de fruto; SS: teor de sólidos solúveis (°Brix); EP: espessura de polpa; EC: espessura de casca; CCO: comprimento da cavidade ovariana; LCO: largura da cavidade ovariana; PHO: incidência de mancha-de-phoma nas folhas; PPFo: incidência de pinta-preta nas folhas; PPFr: incidência de pinta-preta nos frutos; AP: altura de planta; AIPF: altura de inserção do primeiro fruto; PC: perímetro do caule; LS: largura da semente; CS: comprimento da semente; P100: peso de 100 sementes; MMFS: massa de matéria seca de semente; MMSS: massa de matéria seca de semente.

Discussão

As médias dos dados obtidos da população se aproximaram da mediana e da moda para a maioria das características avaliadas o que reforça a homocedasticidade dos dados. Fato semelhante foi relatado em um trabalho anterior realizado por Trindade et al. (2013).

No lançamento da cultivar Rubi Incaper 511, em 2010, a massa de fruto da cultivar era de 1,47 kg, o comprimento e largura dos frutos eram de 24,1 e 11,6 cm, respectivamente, a espessura da polpa era de 3 cm, o teor de sólidos solúveis de 10,2 °Brix e a de inserção de primeiro fruto de 88 cm (CATTANEO et al., 2010). Comparando tais dados com os resultados desse experimento observou-se que os indivíduos selecionados mantiveram médias de tamanho de fruto muito próximas aos originais, mesmo se tratando de uma cultivar de polinização

aberta. No entanto, houve um decréscimo para a altura de inserção do primeiro fruto de, aproximadamente, 10 cm (13%) e, para o teor de sólidos solúveis, houve um incremento de 1,32 °Brix, ou 11,45%. Esse resultado indica que a seleção praticada favoreceu a produtividade, pela maior área de produção de frutos por planta e a melhor qualidade dos frutos.

Os limites superiores e inferiores identificados revelam a grande variabilidade disponível para a realização de uma nova seleção entre os indivíduos analisados. Para a incidência de pinta-preta nas folhas e nos frutos, por exemplo, o limite superior fica de 2,4 a 3 vezes maior que o limite inferior. Essa diferença indica que os indivíduos reagiram diferentemente para a doença em questão e permite a seleção de genótipos menos suscetíveis. Uma grande diferença entre os valores máximo e



mínimos também ocorreu para a massa de fruto e espessura de polpa.

Os resultados do coeficiente de variação foram esperados, por se tratar de experimentos de campo, submetidos a variações ambientais não controláveis, e por não ter sido implantado um delineamento estatístico na área em questão. Segundo Maia et al (2009), características altamente influenciadas pelo ambiente, admitindo-se, ainda, que esse coeficiente de variação refere-se a parcelas individuais, um resultado de CV% em torno de 34% fornece coerência com o esperado, para dados dessa natureza. Ainda assim, a variabilidade dos dados permite inferências sobre a população em estudo.

As variâncias genotípicas foram inferiores às variâncias ambientais para todas as características estudadas. Isso revela uma forte influência ambiental na determinação do caráter, que pode ter sido evidenciada pela inexistência de repetições no delineamento do experimento.

Como resultado dessa influência ambiental, as estimativas de herdabilidade individual no sentido amplo (H_g^2) foram considerados baixos para todas as variáveis avaliadas ficando entre 8,6 e 14,9% respectivamente para incidência de pinta-preta nas folhas e a largura da cavidade ovariana. Este resultado indica que métodos de seleção mais rigorosos precisam ser aplicados para obter ganhos genéticos satisfatórios (RAMOS et al., 2014). Além disso, segundo Falconer e Mackay (1997), a herdabilidade é uma propriedade não somente de um caráter, mas também, da população, das circunstâncias ambientais as quais os indivíduos são submetidos e da forma em que o fenótipo é mensurado. Mesmo assim, possibilidades reais de progresso genético ainda são observados.

As estimativas de herdabilidade encontradas nesse experimento concordam com os obtidos por Pinto et al. (2013) que relatam herdabilidade individual para características agrônômicas variando de 0 a 20%. Para o teor de sólidos solúveis, Oliveira et al. (2012) observou herdabilidade de 18%.

Os desvios-padrão para cada estimativa de H_g^2 variaram de baixa a moderada. De acordo com Pedrozo et al (2009), este valor do desvio padrão revela que as estimativas de herdabilidade são estatisticamente diferentes de zero, o que é favorável à seleção e esperado para características quantitativas.

Em termos metodológicos, deve-se ressaltar a grande utilidade e flexibilidade do método de modelos mistos, o qual tornou possível uma

completa estimativa e predição, em uma situação de inexistência de delineamento estatístico pela natureza genética do material avaliado (KALIL FILHO et al., 2000).

Conclusão

As médias dos dados obtidos aproximaram da mediana e da moda, revelando a homocedasticidade dos dados. A diferença observada entre os limites superiores e inferiores mostraram uma grande variabilidade disponível para a seleção.

Os indivíduos selecionados mantiveram o padrão de frutos da cultivar Rubi Incaper 511, no entanto, a seleção praticada favoreceu a diminuição da altura de inserção do primeiro fruto e aumentou o teor de sólidos solúveis na polpa.

A forte influência ambiental nas características analisadas e a inexistência de repetições no delineamento do experimento favoreceram a baixa estimativa de herdabilidade. Ainda assim há possibilidade de progresso genético nos materiais analisados.

A técnica de modelos mistos foi eficiente para estimar os componentes de variância do experimento, mesmo não havendo delineamento experimental por se tratar de famílias de meios-irmãos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipe da Fazenda Experimental de Sooretama e do Laboratório de Sementes do CEUNES/UFES pelo auxílio na execução do experimento, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro ao projeto (processo 475137/2013-2).

Referências

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728. 2013.
- ANDRADE, J.S. et al. Avaliação da mancha-de-corynespora em diferentes genótipos de mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.27 (supl), p.78, 2002.
- CATTANEO, L.F. et al., **Rubi INCAPER 511' Primeira variedade de mamão do grupo 'Formosa' para o Espírito Santo**. Vitória: DCM/Incaper. 2010.

- CROSSA, J., et al. Modeling Genotype x Environment Interaction Using Additive Genetic Covariances of Relatives for Predicting Breeding Values of Wheat Genotypes. **Crop Science**, v.46, 1722-1733. 2006.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Edinburgh: Longman: 1997. 464 p.
- FARIAS NETO, J. T.; RESENDE, M.D.V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, n.2, p. 320-324. 2001.
- KALIL FILHO, A. N.; RESENDE, M.D.V.; KALIL, G.P.C. Componentes de variância e predição de valores genéticos em seringueira pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1883-1887, 2000.
- MAIA, M.C.C. et al. Seleção simultânea para produção, adaptabilidade e estabilidade genotípicas em clones de cajueiro, via modelos misto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.1, p. 43-50, 2009.
- MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. **A cultura do mamoeiro: tecnologia de produção**. Vitória: Incaper, 2003.
- OLIVEIRA, V.R. et al. Variabilidade genética de procedências e progênies de umbuzeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, n.1, p. 53-56, 2004.
- OLIVEIRA, E.J. et al. Plant selection in F₂ segregating populations of papaya from commercial hybrids. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.12, p.191-198, 2012.
- PEDROZO, C.A. et al. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/ BLUP no melhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, v.10, n.1, p.031-036. 2009.
- PINTO, F.O. et al. Metodologia dos modelos mistos para seleção combinada em progênies segregantes de mamoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.211-217, 2013.
- PREZOTTI, L.C. **Sistema de recomendação de calagem e adubação**. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/downloads>>. Acesso em 04 mar. 2013.
- RAMOS, H.C.C. et al. Combined Selection in Backcross Population of Papaya (*Carica papaya* L.) by the Mixed Model Methodology. **American Journal of Plant Sciences**, v.5, n.20, p.2973-2983. 2014.
- RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 2002.
- RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Embrapa Florestas: Editora Colombo, 2007. 561p.
- SHANER, G.; FINNEY, R.E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v.67, p.1051-1056. 1977.
- TRINDADE, R.S. Parâmetros genéticos para caracteres de qualidade do fruto em famílias de meio-irmãos de *Carica papaya*. 7º Congresso de Melhoramento de Plantas. **Anais...** Uberlândia, MG. P. 1142-1146. 2013.
- VIVAS, M. et al. Escala diagramática para avaliação da severidade de pinta-preta em frutos de mamoeiro. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.2, p.161-163, 2010.
- VIVAS, et al. Seleção de progênies femininas de mamoeiro para resistência a mancha-de-phoma via modelos mistos. **Bragantia**, v.73, n.4, p.446-450, 2014.