

## SELEÇÃO SIMULTÂNEA DE CARACTERES DO MAMOEIRO UTILIZANDO ÍNDICES TRADICIONAIS E VALORES GENÉTICOS PREDITOS VIA REML/BLUP

**Jefferson Santos Melo<sup>1</sup>, Cristina Simão Delesposte Zanuncio<sup>2</sup>, Fabíola Lacerda de Souza Barros<sup>3</sup>, Karin Tesch Kuhlcamp<sup>3</sup>, Moises Zucoloto<sup>1</sup>, Sarah Ola Moreira<sup>2</sup>**

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

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 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** - A seleção de genótipos superiores com base na resposta simultânea de várias características de importância agrônômica é uma estratégia fundamental no melhoramento de plantas. No entanto, há necessidade de utilização de métodos de seleção capazes de explorar eficientemente o material genético disponível. Neste estudo objetivou-se comparar a eficiência de três índices de seleção construídos a partir de médias fenotípicas e valores genotípicos preditos pela metodologia REML/BLUP. As médias de 13 variáveis morfoagronômicas e de reação a doenças foram avaliadas em condições de campo. Os valores genéticos foram obtidos via REML/BLUP. Os índices de seleção foram calculados com base na média aritmética, na média padronizada e nos valores genéticos. Os pesos econômicos foram atribuídos conforme a literatura e o interesse do programa de melhoramento do Incaper. Os maiores diferenciais de seleção foram obtidos a partir das médias padronizadas. Para 11 características avaliadas os indivíduos selecionados melhoraram a média em relação à população original. Os índices de seleção utilizados foram eficientes para selecionar os indivíduos que proporcionarão uma menor incidência de doenças e maior teor de sólidos solúveis.

**Palavras-chave:** *Carica papaya*; índice de seleção; diferencial de seleção; modelos mistos.

**Área do Conhecimento:** Engenharia Agrônômica

### Introdução

Com frequência, os cruzamentos envolvendo genitores distintos são usados para acessar a variabilidade genética, para a posterior análise dos indivíduos segregantes e seleção dos melhores genótipos (PINTO et al., 2013). Contudo, a seleção de genótipos promissores em meio a algumas centenas de segregantes se torna mais efetiva quando realizada com base em diversas características, simultaneamente, com uso dos denominados índices de seleção (SMITH, 1936; HAZEL, 1943).

Na literatura são encontrados vários índices de seleção, os quais podem ser utilizados no melhoramento de plantas. Estes índices são obtidos como combinações lineares das medidas de diversos caracteres, podendo ser eficientes, uma vez que, permitem a avaliação de todas as informações disponíveis, atribuem diferentes pesos aos caracteres estudados e valorizam atributos julgados de maior importância pelo pesquisador (CRUZ et al., 2014). Nesse sentido,

Smith (1936) e Hazel (1943) propuseram um índice de seleção que considera todos os caracteres associados a pesos econômicos.

Uma forma de capitalizar os ganhos através de índices seria usar, na sua construção, além das médias fenotípicas, os valores genéticos individuais uma vez que esses representam uma medida do valor genético aditivo que estará presente na próxima geração (RESENDE, 2007; PEDROZO et al., 2009). Esses valores genéticos individuais podem ser estimados pelos modelos mistos via predição dos valores genotípicos pela melhor predição linear não-viesada (*Best Linear Unbiased Prediction/BLUP*) (RESENDE, 2007).

Diferentes técnicas de seleção já foram utilizadas no mamoeiro com diferentes resultados. PINTO et al. (2013), utilizando a técnica REML/BLUP na seleção de plantas, relataram que a associação entre valores genotípicos individuais e índice de seleção foi eficiente para selecionar progênies e plantas acima da média da população original. Ide (2008) utilizou a seleção simultânea de diferentes variáveis em híbridos de

mamoeiro, buscando agregar alelos favoráveis a características da planta (altura e diâmetro do caule) e do fruto (número/planta, tamanho, peso, firmeza da polpa e da casca, teor de sólidos solúveis), dentre outras. Por sua vez, Vivas et al (2013) inovaram ao agregar várias formas de avaliar a resistência de genótipos de mamoeiro à pinta-preta como um critério de seleção mais robusto. Os autores concluíram que os índices de seleção proporcionaram ganhos mais adequados para as características avaliadas quando utilizado o coeficiente de variação genético (CVg) como critério de peso econômico.

O objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência de três índices de seleção não-paramétricos construídos a partir de médias e valores genotípicos preditos pela metodologia REML/BLUP na cultivar 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 2m 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, 2015). 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, de forma a manter 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 a massa, o comprimento e a largura dos frutos; espessura de polpa; comprimento e largura da cavidade ovariana; e teor de sólidos solúveis.

Avaliou-se a incidência de pinta-preta (*Asperisporium caricae*) nas folhas e frutos e de mancha-de-phoma (*Stagonosporopsis caricae*) 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).

Foram utilizadas três variações no índice clássico de seleção, proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), em que se faz uma combinação linear, multiplicando os valores genéticos de cada genótipo por pesos econômicos associados às variáveis analisadas. Os pesos econômicos foram baseados em dados da literatura (RAMOS et al., 2009) e no objetivo do programa de melhoramento (Tabela 1).

Tabela 1 – Pesos econômicos atribuídos a cada uma das características avaliadas para o cálculo da seleção combinada.

Características avaliadas	Peso
Espessura da polpa	70
Massa do fruto	80
Teor sólidos solúveis	100
Altura de planta	1
Altura de inserção do 1º fruto	-10
Diâmetro de caule	5
Largura do fruto	1
Comprimento do fruto	1
Incidência de mancha-de-phoma	-30
Incidência de pinta-preta da folha	-30
Incidência de pinta-preta do fruto	-30
Comprimento da cavidade ovariana	-10
Largura da cavidade ovariana	-10

Foram utilizados três valores genéticos: as médias não padronizadas (ISMNP) obtidas pela quantificação das variáveis; as médias padronizadas (ISMP) e os valores genéticos preditos via modelos mistos (ISVG). A padronização das médias foi obtida pela equação:  $\chi_p = (\chi - \bar{\chi})/S\bar{\chi}^2$ , em que  $\chi_p$  é a média ponderada do indivíduo para cada característica,  $\chi$  é média aritmética do indivíduo para a variável,  $\bar{\chi}$  é a média geral da característica, e  $S\bar{\chi}^2$  é o desvio padrão da caráter. Para obtenção dos valores genéticos aplicou-se a metodologia dos modelos lineares mistos, via procedimento REML/BLUP para experimentos com ausência de delineamento experimental.

O modelo estatístico foi definido por:

$$y = Xu + Zg + Wl + Tc + e, \text{ onde:}$$

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.

Foi utilizado o software Selegen-REML/BLUP para análise dos dados (Resende, 2007).

Os resultados dos três métodos de seleção foram comparados para avaliar o grau de coincidência entre essas metodologias. Para cada índice de seleção foi estimada a média dos 20 primeiros classificados e o diferencial de seleção. Comparativamente, foram selecionados os 20 indivíduos melhores colocados nos três índices de seleção concomitantemente e foi estimada a nova média e o diferencial de seleção. O número de indivíduos selecionados foi determinado de acordo com Cruz et al. (2014) que indicam que na seleção entre famílias, seleciona-se de 10 a 20% de famílias superiores.

## Resultados

A classificação dos 150 indivíduos da cultivar Rubi Incaper 511, baseado nos diferentes índices clássicos de seleção estimados, está disposta na Tabela 2. Em destaque estão os 20 indivíduos melhores classificados pelos três índices de seleção concomitantemente.

Tabela 2 – Classificação de 150 genótipos da cultivar Rubi Incaper 511, de acordo índice de seleção obtido com três métodos de análise e 13 caracteres morfoagronômicos e de reação à doenças.

Ord.	ISMP <sup>1</sup>	ISMNP	ISVG	Ord.	ISMP	ISMNP	ISVG	Ord.	ISMP	ISMNP	ISVG
1	125	42	3	51	68	56	81	101	150	139	110
2	101 <sup>2</sup>	74	26	52	90	37	103	102	66	14	29
3	129	122	90	53	32	62	97	103	61	109	41
4	23	90	24	54	121	87	150	104	57	29	109
5	103	121	74	55	111	129	127	105	64	99	106
6	148	73	17	56	135	71	50	106	120	82	136
7	34	124	92	57	60	119	65	107	92	106	28
8	4	92	100	58	128	77	120	108	19	136	66
9	26	75	148	59	62	61	85	109	140	79	36
10	110	126	27	60	29	16	87	110	93	110	115
11	27	3	146	61	25	98	40	111	58	13	82
12	139	123	114	62	12	130	47	112	94	52	31
13	59	146	73	63	136	83	64	113	107	95	102
14	65	26	122	64	74	85	83	114	10	138	138
15	96	148	59	65	21	93	57	115	11	28	19
16	75	145	89	66	46	55	125	116	138	5	95
17	132	100	37	67	83	57	98	117	106	142	142
18	37	89	145	68	143	70	35	118	113	115	117
19	49	127	75	69	145	78	53	119	15	66	52
20	42	133	16	70	88	91	113	120	114	104	25
21	146	59	48	71	84	64	55	121	8	1	79
22	82	125	43	72	131	112	130	122	53	141	104
23	109	132	133	73	141	72	108	123	38	39	99
24	50	131	132	74	81	143	67	124	142	63	141
25	17	144	84	75	70	49	143	125	126	36	107
26	85	24	131	76	104	94	10	126	6	117	72
27	89	48	105	77	55	134	78	127	80	31	63
28	102	86	118	78	77	76	70	128	3	107	15
29	67	84	101	79	112	65	134	129	116	11	18
30	100	27	9	80	48	9	7	130	28	25	128

Tabela 2 – *continua...*

31	78	43	45	81	123	67	93	131	95	15	11
32	39	120	126	82	1	33	77	132	51	88	68
33	43	114	86	83	76	96	14	133	115	149	6
34	73	54	54	84	36	12	76	134	41	18	4
35	149	101	124	85	16	34	129	135	9	44	22
36	99	45	137	86	45	135	69	136	86	68	38
37	117	147	147	87	144	69	49	137	44	140	8
38	87	51	33	88	122	80	5	138	108	58	21
39	134	17	123	89	63	113	71	139	91	38	44
40	18	105	56	90	22	108	23	140	7	21	140
41	69	150	51	91	98	35	91	141	31	22	149
42	24	53	119	92	33	40	13	142	2	6	88
43	54	81	62	93	118	116	116	143	40	4	111
44	119	46	61	94	147	60	60	144	56	111	58
45	97	118	144	95	133	41	1	145	35	8	42
46	52	103	112	96	14	128	96	146	71	20	32
47	72	47	12	97	20	102	94	147	47	32	20
48	105	137	46	98	137	10	80	148	13	30	2
49	130	97	121	99	124	7	135	149	127	2	30
50	79	50	34	100	5	23	139	150	30	19	39

<sup>1</sup> ISMP: índice de seleção baseado em médias padronizadas; ISMNP: índice de seleção baseado em médias não padronizadas; ISVG: índice de seleção baseado nos valores genéticos dos indivíduos obtidos pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP).

<sup>2</sup> Indivíduos selecionados estão em destaque com cor de fonte vermelha.

Há maior coincidência entre os índices de seleção que usaram a média não padronizada (ISMNP) e o valor genético (ISVG). Se considerarmos os 45 genótipos melhores classificados (30% do total), a coincidência de indivíduos entre os índices de seleção que utilizaram as médias, padronizadas ou não, foi de 37,7%, o mesmo percentual foi obtido entre a ISMP e ISVG. No entanto, entre ISMNP e ISVG a coincidência foi de 80%.

Os maiores diferenciais de seleção para o índice baseado na média ponderada (ISMP) foram para as variáveis massa de fruto (30,24%), espessura de polpa (19,85%), e incidência de pinta-preta no fruto (11,58%) (Tabela 3). Para os demais índices e para os indivíduos selecionados, os maiores diferenciais de seleção foram obtidos para a incidência de pinta-preta nas folhas e frutos. Para o teor de sólidos solúveis, principal objetivo do programa de melhoramento do Incaper, os índices de seleção aplicados incrementaram a média geral em porcentagens que variaram de 1,71 a 9,92%, para ISMNP e ISMP, respectivamente, fazendo com que a média aumentasse de 11,52% para 12,66%.

Para 11 das 13 características avaliadas os indivíduos selecionados melhoraram a média em relação à população original. Para a altura da planta, perímetro do caule e largura da cavidade ovariana a seleção foi desfavorável.

## Discussão

O índice de seleção baseado na média fenotípica dos indivíduos não requer a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos. Alternativamente, a técnica de análise de modelos mistos, permite identificar os valores genéticos dos indivíduos, mesmo na ausência de delineamento e tais valores já foram usados para a seleção de indivíduos com sucesso (PINTO et al., 2013) e, segundo Pedrozo et al. (2009), favorecem para uma maior acurácia na seleção. Estas características do índice de seleção aplicado e a metodologia dos modelos mistos permitiu ainda a sua utilização nesse experimento, por se tratar de um experimento sem delineamento estatístico, dada a natureza genética da população, composta por meios-irmãos da cultivar Rubi Incaper 511.

Houve diferenças no ordenamento dos indivíduos, de acordo com o valor base utilizado no cálculo do índice de seleção. Considerando uma intensidade de seleção de 30%, o índice baseado na média ponderada (ISMP) teve 37,7% de indivíduos concordantes com os outros índices. Entre ISMNP e ISVG, no entanto, a concordância foi de 80%. Estas estimativas corroboram com o resultado obtido por Pedrozo et al., (2009) que encontraram coeficientes de concordância entre

de genótipo selecionados por diferentes índices de seleção entre 20 e 82%.  
Tabela 3 – Média e diferencial de seleção de 13 caracteres morfoagronômicos e de reação à doenças do mamoeiro baseado 20 indivíduos melhores classificados nos diferentes índices de seleção estimados e para dos indivíduos selecionados.

Característica <sup>1</sup>	$\bar{x}$ geral	ISMP <sup>2</sup>		ISMNP		ISVG		Indivíduos selecionados	
		$\bar{x}$	DS(%)	$\bar{x}$	DS(%)	$\bar{x}$	DS(%)	$\bar{x}$	DS(%)
EP	2,64	3,16	19,85	2,52	-4,25	2,61	-1,17	2,87	8,25
MF	1,46	1,90	30,25	1,36	-6,90	1,40	-4,24	1,61	9,18
SS	11,52	12,66	9,92	11,72	1,71	11,97	3,92	12,25	5,95
AP	184,78	168,53	-8,80	164,90	-10,76	164,70	-10,87	172,40	-7,18
AIPF	77,69	71,95	7,40	75,85	2,37	73,75	5,08	73,95	5,06
PC	41,93	40,32	-3,84	39,95	4,71	39,70	5,31	40,65	-3,14
LF	10,79	11,64	7,86	10,57	-2,04	10,40	-3,68	11,25	4,06
CF	26,36	28,71	8,89	25,66	-2,69	26,04	-1,24	26,69	1,23
PHO	390,12	371,71	4,72	399,43	-2,39	370,63	5,00	369,28	5,64
PPFo	362,85	360,39	0,68	299,33	17,51	310,85	14,33	326,30	11,20
PPFr	988,00	873,55	11,58	617,38	37,51	674,78	31,70	733,18	34,76
CCO	19,59	21,02	-7,29	17,64	9,95	18,80	4,04	19,23	1,87
LCO	5,08	5,33	-4,97	4,90	3,43	4,85	4,53	5,44	-6,63

<sup>1</sup> EP: espessura de polpa (cm); MF: massa de fruto (kg); SS: teor de sólidos solúveis (°Brix); AP: altura de planta (cm); AIPF: altura de inserção do primeiro fruto (cm); PC: perímetro do caule (cm); LF: largura de fruto (cm); CF: comprimento de fruto (cm); PHO: incidência de mancha-de-phoma nas folhas; PPFo: incidência de pinta-preta nas folhas; PPFr: incidência de pinta-preta nos frutos; CCO: comprimento da cavidade ovariana (cm); LCO: largura da cavidade ovariana (cm).

<sup>2</sup> ISMP: índice de seleção baseado em médias padronizadas; ISMNP: índice de seleção baseado em médias não padronizadas; ISVG: índice de seleção baseado nos valores genéticos dos indivíduos obtidos pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP).

Os índices de seleção aplicados proporcionaram distintos diferenciais de seleção. Quando se utilizou a média ponderada, o maior diferencial de seleção foi obtido para a massa de fruto. Para os demais índices, os maiores incrementos foram obtidos para a incidência de pinta-preta nos frutos. Para todos os índices estimados, o menor diferencial de seleção foi obtido para a altura de planta. É importante ressaltar que o sinal do diferencial de seleção indica se a seleção foi favorável ou não ao desejado pelo melhorista

A seleção exercida proporcionou melhores médias para 10 características analisadas, com maiores incrementos para a incidência de pinta-preta no fruto e na folha e para a massa de fruto. Outro resultado que merece destaque é o incremento no teor de sólidos solúveis, que foi de 5,95%. O objetivo do programa de melhoramento do Incaper é melhorar a qualidade dos frutos, aliado à necessidade de sempre ter materiais menos suscetíveis a pragas e doença. Assim, os resultados indicam a eficiência dos índices utilizados para selecionar os indivíduos a fim de atingir o objetivo proposto por este trabalho.

No entanto, os indivíduos selecionados desfavoreceram a altura de planta, perímetro do caule e a largura da cavidade ovariana. Uma das maiores dificuldades para a aplicação do índice clássico de seleção é a atribuição dos pesos econômicos, devido, especialmente a correlação entre as características. Granate et al. (2002), testando diversos índices de seleção para o milho, observaram que o índice de seleção clássico somente foi eficiente quando se atribuiu pesos aleatoriamente, por tentativa. Quando o número de características avaliadas foi ampliado, os autores não obtiveram ganhos favoráveis para todas as variáveis simultaneamente. Para contornar esse problema, Cruz et al. (2014) indica o uso de estatísticas dos próprios dados experimentais, como o coeficiente de variação genético. No entanto, devido à natureza do experimento em questão, não foi possível obter tal coeficiente.

## Conclusão

Os índices de seleção baseados na média não ponderada e nos valores genéticos foram mais coincidentes na classificação dos genótipos. No

entanto, os maiores diferenciais de seleção foram obtidos a partir das médias padronizadas.

Para 11 das 13 características avaliadas os indivíduos selecionados melhoraram a média em relação à população original.

Os índices de seleção utilizados foram eficientes para selecionar os indivíduos que proporcionarão uma menor incidência de doenças e maior teor de sólidos solúveis, objetivos do programa de melhoramento do Incaper.

### 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; a Caliman Agrícola pela produção das mudas utilizadas; 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.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas**. v2. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2014.
- GRANATE, M.J. et al. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.7, p.1001-1008. 2002.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, n.28, p. 476-490. 1943.
- IDE, C.D. **Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): Parâmetros genéticos e capacidade combinatória em ensaios de competição de cultivares**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Campos dos Goytacazes RJ. 2008.
- MARTINS, D.S.; COSTA, A.F.S. **A cultura do mamoeiro: tecnologia de produção**. Vitória: Incaper, 2003.
- PEDROZO, C.A. et al. Efficiency of selection indexes using the REML/BLUP procedure in sugarcane breeding. **Scientia Agraria**, v.10, n.1, p.31-36, 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, n.2, 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. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas,. 362 p. 2007
- 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.
- SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, v.7, p.240-250. 1936.
- 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, M. et al. Predição de ganhos genéticos e seleção de progênies de mamoeiro para resistência à pinta-preta. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n.2, p.142-148, 2013.