

Metodologia dos modelos mistos para seleção combinada em progênies segregantes de mamoeiro

Fernanda de O. Pinto¹, Lucas N. da Luz², Messias G. Pereira², Deisy L. Cardoso² & Helaine C. C. Ramos²

¹ Faculdade Metropolitana São Carlos BJI, Av. Governador Roberto Silveira, 910, CEP: 28360-000, Bom Jesus do Itabapoana-RJ, Brasil. E-mail: nandapinto@hotmail.com

² Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Avenida Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ, Brasil. E-mail: lucasluss@yahoo.com.br; messias@uenf.br; deisycardoso@hotmail.com; helaniecr@uenf.br

RESUMO

Apesar de o Brasil se destacar como um dos principais produtores mundiais de mamão, ainda existe um reduzido número de linhagens/híbridos disponíveis para comercialização. O presente trabalho objetivou selecionar linhagens entre e dentro de progênies em uma população segregante de mamoeiro para avanço das autofecundações. Originalmente a população foi desenvolvida via retrocruzamento objetivando a incorporação (característica Golden) para tolerância à mancha fisiológica nos genitores do híbrido UENF/CALIMAN01, motivo pelo qual foi utilizado um índice de seleção denominado IG2 amparado nos valores genotípicos individuais obtidos via modelos mistos, pelo procedimento REML/BLUP. O resultado da análise permitiu selecionar oito progênies que segregaram para a característica “tipo Golden”: 11, 13, 14, 15, 16, 19, 18 e 12; dentro das progênies as plantas apresentaram valores superiores de ganho e média predita em relação às testemunhas (JS12, SS72/12 e Golden) para as seguintes características: altura de inserção do primeiro fruto, firmeza da polpa e do fruto e produção. Foram selecionadas 20 plantas com a característica “tipo Golden” visando ao avanço de geração de autofecundação e retrocruzamento.

Palavras-chave: *Carica papaya* L., índice de seleção, REML/BLUP

Mixed model for combining selection in segregate progeny of papaya

ABSTRACT

Although Brazil stands out as a leading global producer of papaya still exists a small number of lines/hybrids available for its cultivation. To obtain new cultivars it is necessary to direct efforts towards the identification and selection of superior genotypes and broadening the genetic basis of the species. This study aimed to select lines between and within families in a segregating population of papaya for advancement of self pollination and backcross. Originally the backcross population aimed the introgression of the physiological disturb (Golden type) into the UENF/CALIMAN01 genitors. For this a selection index named IG2 was used supported in individual genotypic values obtained through mixed models by REML/BLUP. Analysis of results permitted selection of eight progenies and segregated for the trait “Golden Type”: 11, 13, 14, 15, 16, 19, 18 and 12. The selected genotypes within each progeny showed higher values of gain and predicted average than the controls (JS12, SS72/12 and Golden) for the following characteristics: height of insertion of the first fruit, firmness of fruit and production. Twenty plants e selected with the characteristic “Golden Type” for the advancement of generation of selfing and backcross.

Key words: *Carica papaya* L., index selection, REML/BLUP

Introdução

O melhoramento genético do mamoeiro *Carica papaya* L. pode, associado a boas práticas de manejo, contribuir substancialmente para o aumento da produtividade e para a melhoria das características qualitativas do fruto, objetivo que pode ser alcançado, em parte, por meio do acesso a informações relativas à herança das principais características agrônomicas e da exploração da variabilidade genética.

Nas últimas décadas o Brasil se vem destacando como um dos principais produtores mundiais de mamão (FAO, 2012). Os principais entraves ao crescimento contínuo da cultura do mamão são o reduzido número de cultivares disponíveis, o que tem resultado em uma uniformidade nos plantios comerciais e uma consequente redução da variabilidade genética.

Objetivando amenizar esta relação, a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro vem, em parceria com a fazenda Caliman Agrícola S & A conduzindo ao longo dos últimos 15 anos, um programa de melhoramento genético do mamoeiro na expectativa de oferecer aos produtores cultivares e/ou híbridos de alto desempenho, adaptados e estáveis (Marin et al., 2006; Silva et al., 2008; Ramos et al., 2011).

Com frequência, os cruzamentos envolvendo genitores distintos são usados para acessar a variabilidade genética, para a posterior análise dos segregantes e seleção dos melhores genótipos; 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).

A ideia de índice de seleção foi proposta, inicialmente, por Smith (1936) e Hazel (1943) e tem, como finalidade, a seleção de vários caracteres, simultaneamente. Em geral, esses índices são construídos a partir de estimativas de parâmetros genéticos e médias fenotípicas obtidas pelo método de análise de variância (Pedrozo et al., 2009). Uma revisão mais intensa sobre índices de seleção pode ser obtida em (Garcia & Souza Júnior, 1999; La Gioia, 2006; Vieira et al., 2006).

Uma forma de capitalizar os ganhos através de índices seria usar, na sua construção, além das médias fenotípicas valores genéticos individuais uma vez que esses representam uma medida do valor genético aditivo que estará presente na próxima geração (Resende, 2007). Esses valores genéticos individuais podem ser estimados pelos modelos mistos (Henderson, 1975) via predição dos valores genotípicos pela melhor predição linear não-viesada (Best Linear Unbiased Prediction/BLUP) (Resende, 2002; Alves & Resende, 2008); a utilização dos modelos mistos vem sendo realizada de maneira crescente no melhoramento de espécies florestais e culturas perenes (Costa et al., 2002; Resende, 2002; Piepho et al., 2008; Mora et al., 2007). Outro aspecto relevante na obtenção de cultivares é a busca por resistência ou tolerância a doenças. No caso do mamão a Mancha Fisiológica do Mamoeiro (MFM) é um distúrbio de origem abiótica que causa grandes perdas à cultura. É verificada em maior intensidade na face do fruto exposta à radiação solar direta (Liberato & Zambolim, 2002; Ueno et al., 2002).

Uma alternativa seria a utilização de genótipos com frutos de coloração da casca verde-claro, tidos como tolerantes a este distúrbio como o genótipo Golden, que possui casca dos frutos verde-claro (Campostrini et al., 2005; Gomes Filho et al., 2007). Esta é uma estratégia em curto prazo para obtenção de genótipos tolerantes a MFM, pois ainda não há definição clara dos seus mecanismos (Reis et al., 2008; Oliveira & Vitória, 2011).

O presente trabalho teve como objetivo estimar os parâmetros genéticos via modelos mistos para uma população segregante de mamoeiro e selecionar as melhores progênies pelo índice de seleção (IG2) desenvolvido por Silva et al. (2006) com particular interesse na preservação da característica “tipo Golden”, potencial redutora do efeito denominado mancha fisiológica.

Material e Métodos

Material vegetal

De início foi gerada uma população de retrocruzamento RC_1S_1 , sendo o genitor doador da cultivar Golden e os genitores recorrentes aos genótipos (JS12 e SS72/12), ou seja, genitores do híbrido UENF/CALIMAN 01. O objetivo deste cruzamento foi transferir a característica de coloração (verde-claro) da casca, aqui descrita apenas como “tipo Golden”, do cultivar Golden para os referidos genótipos. Foram, ao campo, 19 tratamentos ou progênies e três testemunhas (Golden, SS72/12, JS12); as plantas aqui avaliadas são RC1S1, isto é, oriundas de sementes autofecundadas da primeira geração de retrocruzamento dos híbridos F1.

A opção pelo cruzamento e manutenção do caráter “tipo Golden”, entre outras, se deve ao fato de este estar possivelmente relacionado à tolerância a mancha fisiológica do mamoeiro (Gomes Filho et al., 2007). Este distúrbio leva a uma queda nas exportações devido ao aspecto pintado que este confere aos frutos. A característica “tipo Golden” se manifesta nas plantas através de uma coloração verde-claro de fácil identificação no campo, tanto nas folhas como no fruto. Neste trabalho procurou-se manter o caráter “tipo Golden” pela excepcional qualidade visual que a mesma proporciona aos frutos sem, contudo, nos atermos à investigação propriamente dita da mancha fisiológica, neste trabalho.

O experimento foi instalado em junho de 2009 na área comercial da empresa Caliman Agrícola S/A (Fazenda Romana), localizada no município de Linhares, ES, 19° 23' 27" S e 40° 04' 19" O, e 28 m de altitude; o clima é descrito como tropical Aw de Köppen, cujas temperaturas na época do experimento variaram entre 22 °C mínima e 33 °C máxima; a precipitação na época do experimento foi, em média, de 1800 mm (INCAPER, 2012).

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com 19 tratamentos (16 pertencentes a RC1S1 e 3 testemunhas), quatro repetições e 10 plantas por parcela, com espaçamento de 3,50 m entre fileira e de 1,50 m entre plantas na fileira. O manejo, as adubações, o controle de pragas e doenças e os tratamentos culturais utilizados, seguiram os mesmos adotados nos plantios comerciais (Oliveira & Caldas, 2004) e outros.

Características morfoagronômicas avaliadas

Um total de 26 características morfoagronômicas foi mensurado para predição dos valores genéticos aos 150, 180 e 270 dias após plantio no campo. Por limitação de espaço apenas 12 características serão descritas aqui, quanto aos seus parâmetros genéticos, apesar de todas terem sido usadas na construção do índice de seleção; são elas: i) Altura da planta aos 150 dias após o plantio (ALTP); ii) Altura da inserção do primeiro fruto (AIPF); iii) Diâmetro do caule (DC); iv) Peso médio dos frutos (PF); v) Comprimento do fruto (COMF); vi) Diâmetro do fruto (DFT); vii) Firmeza externa do fruto (FE); viii) Firmeza interna (FI); ix) Teor de sólidos solúveis (°BRIX); x) Espessura média da polpa do fruto (ESP); xi) Diâmetro da cavidade interna (DCAV) e xii) Produtividade total por planta (PROD).

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando-se a metodologia dos modelos lineares mistos; a estimação dos parâmetros genéticos foi realizada via REML (máxima verossimilhança restrita) e os valores genotípicos, ou médias genotípicas, foram estimados pelo procedimento BLUP (melhor preditor linear não viesado) utilizando-se o software Selegen REML/BLUP, apresentado por Resende (2007). Foi adotado o modelo estatístico descrito na Eq. (1).

Equação 1 - Modelo estatístico para modelos mistos

$$y = Xr + Za + Wp + e \quad (1)$$

em que: y é o vetor de dados, r é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, a é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), p é o vetor dos efeitos de parcela e e , o vetor de erros ou resíduos (aleatórios); as letras maiúsculas (X , Z e W) representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

As análises foram realizadas utilizando-se o modelo estatístico 59 do software Selegen; este modelo é designado para avaliação de indivíduos em progênies F3 de plantas autógamas (ou S1 de plantas alógamas), considerando-se várias observações por parcela.

Índice de seleção

O índice de seleção utilizado (IG2) foi proposto, inicialmente, por Silva et al. (2006) e posteriormente ratificado em Silva et al. (2008) quando propuseram a seleção combinada em progênies individuais de mamoeiro; trata-se de um índice paramétrico que associa pesos aos valores de média, neste caso, aos valores genotípicos preditos para as características em seleção. Os pesos foram atribuídos com base na experiência do grupo de melhoramento da UENF e da Caliman Agrícola S&A e buscam refletir a ideia de um cultivar que se aproxime do ótimo para um grupo de características; desta forma, os pesos foram definidos pela necessidade de acentuar ou reduzir os valores para as características em seleção. Atribui-se peso igual à unidade quando não se entenda modificar os valores das características nas progênies.

Os pesos associados às características foram os seguintes, ALTP: Altura da planta aos 150 DAT (1), AIPF: Altura da

inserção do primeiro fruto (-10), DC: Diâmetro do caule (5), NFT: Número de frutos totais por planta aos 150 DAT (70), NFT2:) Número de frutos totais por planta aos 180 DAT (50), NFC: Número de frutos carpeloides (-20), NFP: Número de frutos pentândricos (-20), NNSF: Número de nós sem fruto (-20), NFCOM: Número de frutos comerciais aos 180 DAT (100), PROD1: Produção total de frutos aos 180 DAT (100), ALTP2: Altura da planta aos 180 DAT (1), NFT3: Número de frutos totais por planta aos 270 DAT (50), NFC2: Número de frutos carpeloides aos 270 DAT (-20), NFP2: Número de frutos pentândricos aos 270 DAT (-20), NNSF2: Número de nós sem frutos aos 270 DAT (-20), NFCOM2: Número de frutos comerciais aos 270 DAT (100), PROD2: Produção total de frutos aos 270 DAT (100), PF: Peso médio dos frutos (1), COMF: Comprimento do fruto (1), DFT: Diâmetro do fruto (1), FE: Firmeza externa do fruto (100), FI: Firmeza interna (100), BRIX: Teor de sólidos solúveis (100), ESPP: Espessura média da polpa do fruto (70), DCAV: Diâmetro da cavidade interna (-10) e PROD: Produtividade total por planta (100).

Para obtenção do índice de seleção os procedimentos necessários foram realizados pelo software Selegen REML/BLUP (Resende, 2002) e pelo Microsoft office Excel 2007. Uma intensidade de seleção de 30% foi praticada para a indicação das melhores progênies e de 25% para a seleção dos genótipos superiores dentro das progênies selecionadas. Depois de obtidos os valores genéticos individuais (BLUP) para cada característica em cada indivíduo, esses foram multiplicados pelos pesos do índice citados acima; enfim, a soma dos valores de cada característica em cada indivíduo constituiu o valor final do índice de seleção.

Resultados e Discussão

Os parâmetros genéticos estimados para as características avaliadas, bem como as médias genotípicas se encontram na Tabela 1; em relação às estimativas do coeficiente de variação genotípica individual (CVgi%), que expressam em porcentagem a quantidade de variação genética existente, observaram-se valores variando de baixo (1,64 para BRIX) a moderado (21,98 para COMP).

Para as características morfoagronômicas DC, AIPF, ALTP e PROD e de qualidade de fruto, FI, BRIX, ESPP e DCAV apresentaram valores de CVgi baixos, ou seja, valores abaixo de 10 porém as demais características avaliadas apresentaram valores variando de moderado a alto (10,96 para FE e 61,28 para COMP). Tal resultado indica que as populações são passíveis de progressos genéticos com a continuidade dos ciclos de seleção; por outro lado, um pequeno e discreto progresso genético é esperado para teor de sólidos solúveis (BRIX), tendo em vista a baixa variação observada entre as famílias avaliadas (1,64).

De maneira geral, os valores obtidos de CVe% se apresentaram de baixos a medianos, variando de 5,03 a 69,61 mantendo-se em níveis aceitáveis para a experimentação de campo, exceto para as características COMP (46,26) e PF (69,61) em que os altos valores apresentados indicam baixa acurácia e menor precisão experimental, os quais podem estar associados ao tamanho do experimento, resposta diferenciada

Tabela 1. Estimativa dos parâmetros genéticos para 12 características morfoagronômicas em mamoeiro, avaliadas em plantas individuais via modelos mistos: Altura da planta aos 150 dias em centímetros (ALTP), altura da inserção do primeiro fruto em centímetros (AIPF), diâmetro do caule em centímetros (DC), peso médio dos frutos em quilogramas (PF), comprimento do fruto em centímetros (COMF), diâmetro do fruto em centímetros (DFT), firmeza externa do fruto em Newtons (FE), firmeza interna Newtons (FI), teor de sólidos solúveis (°BRIX), espessura média da polpa do fruto em centímetros (ESP), diâmetro da cavidade interna em centímetros (DCAV) e produção total por planta em kg (PROD). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo/RJ, 2012

Carac.	Parâmetros									Média
	h^2_a	h^2_{aj}	C^2_{parc}	h^2_{mp}	Acs	CVgi%	CVe%	CVr		
DC	0,20	0,21	0,20	0,41	0,64	2,11	5,03	0,41	6,7	
AIPF	0,08	0,09	0,08	0,13	0,36	3,49	17,79	0,19	51,01	
ALTP	0,09	0,09	0,09	0,67	0,82	6,98	9,79	0,71	171,22	
PF	0,01	0,01	0,01	0,28	0,53	21,17	69,61	0,31	0,514	
COMF	0,03	0,03	0,03	0,47	0,69	21,98	46,26	0,47	20,9	
DFT	0,02	0,03	0,02	0,45	0,67	13,95	29,52	0,45	11,26	
FE	0,03	0,03	0,03	0,46	0,67	10,96	23,98	0,45	102,40	
FI	0,01	0,01	0,01	0,22	0,47	3,28	13,30	0,26	65,52	
BRIX	0	0	0	0,05	0,21	1,64	14,86	0,11	10,52	
ESPP	0,01	0,01	0,01	0,32	0,56	5,32	15,65	0,33	2,07	
DCAV	0,02	0,02	0,02	0,39	0,63	6,84	17,17	0,39	3,49	
PROD	0,02	0,02	0,02	0,39	0,62	5,77	14,30	0,40	25,77	

h^2_a : herdabilidade individual no sentido amplo entre famílias; h^2_{aj} : herdabilidade no sentido amplo entre famílias ajustada para os efeitos de parcela; C^2_{parc} : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; h^2_{mp} : herdabilidade média de progênies; Acs: acurácia da seleção de progênies; CVgi%: coeficiente de variação genética aditiva individual; CVe%: coeficiente de variação residual e CVr: coeficiente de variação relativa (CVgi/CVe)

dos genótipos aos estresses variados, incidência de pragas e doenças, entre outros.

O coeficiente de variação relativa (CVr), equivalente ao índice de variação, refere-se à magnitude da relação entre o CVg e CVe; segundo Resende & Duarte (2007) valores de CVr iguais a 1,0 são adequados por propiciar inferências com acurácias e precisões altas e muito altas porém neste trabalho os valores para o coeficiente de variação relativa variaram de 0,11 para BRIX a 0,71 para ALTP; para a maioria das características os valores encontrados para CVr foram superiores a 0,30, sendo considerados moderados. De acordo com Resende & Duarte (2007) a conclusão sobre valores adequados ou não de CVr deve ser inferida em conjunto com o número de repetições uma vez que a mesma está diretamente relacionada à acurácia experimental.

O parâmetro conhecido como acurácia, de acordo com Resende (2007), refere-se à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do material genético e aquele estimado a partir das informações dos experimentos de campo, sendo tanto mais alto quanto menores forem os desvios absolutos entre esses valores indicando, assim, a qualidade da avaliação genotípica.

Os valores encontrados para acurácia variaram de 0,21 a 0,82, sendo a maioria das características consideradas de média a altas, exceto para BRIX (0,21). Resende et al. (2001) afirmam, trabalhando com populações de cafeeiro, que a acurácia ou correlação entre os valores genotípicos preditos e os verdadeiros pode ser aumentada por meio de uma experimentação mais adequada, mantendo-se o mesmo tamanho do experimento. Conforme Resende & Duarte (2007) quando há baixo número de repetições acurácia acima de 90% só é possível para caracteres com alta herdabilidade, o que é pouco provável de se encontrar, dado à natureza quantitativa e à baixa herdabilidade dos principais caracteres ligados à produção.

Com referência às estimativas da herdabilidade individual no sentido amplo (h^2_a), estas foram consideradas baixas para todas as variáveis avaliadas, apresentando-se praticamente nulas para todos os descritores, dentre os quais apenas DC apresentou um valor considerado baixo (0,20) índice que se

mostrou de pouco sucesso quando se considera seleção de plantas individuais. Valores correlatos para h^2_a foram descritos por Ramos (2010) em populações segregantes de mamoeiro para produção, firmeza do fruto e da polpa e diâmetro do fruto em estudo desenvolvido; contudo, há uma tendência de se encontrar valores de herdabilidade entre baixo e médio quando se avaliam plantas individuais, como descrito por Pedrozo (2006) e Pedrozo et al. (2009) trabalhando em cana-de-açúcar.

Uma possível causa para as baixas estimativas da herdabilidade é a base genética estreita da população visto que as progênies são provenientes de um cruzamento inicial entre genitores bem próximos geneticamente contribuindo para a redução da variabilidade genética disponível na presente geração.

Em se tratando da herdabilidade média das progênies (h^2_{mp}) observam-se magnitudes significativamente superiores, variando de 0,05 a 0,67. Os menores valores foram observados para AIPF (0,13) e BRIX (0,05); para as demais características as estimativas obtidas para h^2_{mp} foram até sete vezes superiores àquelas obtidas pela herdabilidade individual demonstrando que, neste caso, a seleção pode ser mais efetiva e indica uma viabilidade maior em termos de ganho genético. Segundo Falconer (1987) a herdabilidade é uma propriedade não só de um caráter mas também da população e das circunstâncias de ambientes às quais os indivíduos estão sujeitos podendo o seu valor ser afetado se houver alteração em qualquer um dos componentes das variâncias genéticas e fenotípicas.

Os valores do ranqueamento das melhores progênies pelo índice de seleção se encontram na Tabela 2; para simplificar a discussão e tornar este texto mais conciso, faz-se opção por apresentar, na Tabela 2, apenas os valores de ganho de seleção (Gs) e nova média (Xs) apenas para 4 características de suma importância no melhoramento do mamoeiro; contudo, o valor do índice indicado na última coluna se refere ao valor total do somatório das 26 características apresentadas na metodologia.

O índice mostrou-se coerente ao ranquear as progênies com base em todas as características avaliadas, o que o qualifica como estratégia adequada a ser empregada na seleção de

Tabela 2. Ranqueamento das progênies através do índice de seleção com ganhos genéticos (Gs) e novas médias preditas (Xs) para quatro características de importância no melhoramento do mamoeiro: altura da inserção do primeiro fruto (AIPF), firmeza externa do fruto (FE), firmeza interna (FI) e produtividade total por planta (PROD). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo/RJ, 2012

Prog.	AIPF		FE		FI		PROD		Índice IG2
	Gs	Xs	Gs	Xs	Gs	Xs	Gs	Xs	
10	0,56	51,57	5,72	108,12	2,49	70,12	2,49	70,12	513,28
11*	0,43	51,44	1,63	104,03	2,68	70,32	2,68	70,32	393,68
13*	0,19	51,20	3,67	106,07	2,65	70,28	2,65	70,28	341,22
14*	0,24	51,25	6,24	108,64	1,85	69,49	1,85	69,49	295,07
15*	0,81	51,82	3,29	105,69	2,02	69,65	2,02	69,65	160,28
5	0,31	51,32	2,06	104,46	1,62	69,25	1,62	69,25	120,83
16	0,34	51,36	4,47	106,88	1,73	69,36	1,85	69,49	120,72
19*	0,16	51,17	4,84	107,24	0,41	68,04	0,23	67,87	106,31
18*	0,13	51,14	7,70	110,10	2,24	69,88	0,41	68,04	102,33
12*	0,85	51,86	7,16	109,56	1,53	69,16	1,14	68,77	83,25
1	0,64	51,65	7,34	109,74	1,28	68,91	1,28	69,91	68,53
6	0,49	51,50	6,96	109,36	1,45	69,08	1,85	69,49	67,07
17	0,28	51,29	2,47	104,87	0,52	68,15	0,52	68,15	-83,72
8	0,74	51,75	4,05	106,45	0,23	67,87	0,23	67,87	-87,11
9	0,38	51,40	8,62	11,02	0,87	68,50	0,87	68,50	-146,92
3	0,58	51,07	1,14	103,54	1,00	68,64	1,00	68,64	-389,70
2	0	51,01	0,68	103,08	0,63	68,27	0,63	68,27	-406,12
20	0,22	51,23	2,86	105,26	1,14	68,77	1,14	68,77	-415,87
7	0,26	51,27	5,29	107,69	0,00	67,63	0,00	67,63	-740,37

* Progênie selecionada a partir do índice de seleção (segregantes para Golden)

Tabela 3. Seleção dos melhores genótipos “tipo Golden” dentro das progênies selecionadas via (IG2) para: altura da inserção do primeiro fruto (AIPF), firmeza externa do fruto (FE), firmeza interna (FI) e produtividade total por planta (PROD). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo, RJ, 2012

Prog.	Planta	AIPF		FE		FI		PROD		Índice IG2
		Gs	Xs	Gs	Xs	Gs	Xs	Gs	Xs	
11	2	0,81	51,81	8,31	110,72	1,62	67,14	2,66	70,29	236,00
11	7	0,80	51,81	8,23	110,63	1,58	67,10	2,66	70,29	264,44
11	8	0,80	51,81	8,21	110,61	1,58	67,10	2,65	70,28	418,41
11	4	0,41	51,43	4,99	107,39	0,77	66,29	2,64	70,28	527,25
11	12	0,25	51,27	2,80	105,25	0,39	65,91	1,07	68,71	11,69
12	7	0,24	51,25	2,55	104,95	0,39	65,91	1,07	68,70	562,40
14	1	0,75	51,76	7,78	110,18	1,46	66,98	2,48	70,11	349,55
14	11	0,38	51,40	4,66	107,49	0,71	66,23	1,66	69,29	300,72
14	2	0,04	51,05	0,08	102,48	0,04	65,26	0,35	67,98	323,28
14	9	0,02	51,04	-0,04	102,36	0,03	65,55	0,34	67,97	284,03
14	10	0,02	51,03	-0,07	102,32	0,03	65,55	0,33	67,96	304,20
15	3	0,71	51,72	7,54	109,94	1,37	66,89	2,38	70,02	97,43
15	4	0,71	51,72	7,51	109,91	1,36	66,88	2,37	70,01	115,31
15	1	0,23	51,24	2,39	104,79	0,33	65,85	0,96	68,59	171,65
15	9	0,01	51,03	-0,16	102,33	0,28	65,80	0,28	67,91	326,96
18	3	0,20	51,21	2,04	104,44	0,28	65,80	0,86	68,49	49,20
18	8	0,19	51,20	1,95	104,35	0,01	65,53	0,85	68,49	87,58
19	7	0,33	51,34	3,98	106,38	0,58	66,10	1,50	69,13	246,61
19	10	0,33	51,34	3,94	106,34	0,58	66,10	1,49	69,12	235,23
19	6	0,19	51,20	1,88	104,28	0,26	65,78	0,82	68,45	68,67

Gs: ganho com a seleção; Xs: nova média dos indivíduos selecionados

materiais genéticos superiores e, ademais, apresentam valores satisfatórios para outros atributos, como firmeza externa e interna de frutos. Com base no índice optamos pela seleção de 11 progênies, dentre os quais sete apresentaram característica “tipo Golden” sendo elas: 11, 13, 14, 15, 19, 18 e 12.

Em adição à Tabela 3, apresenta a seleção dos genótipos superiores dentro das melhores progênies selecionadas na Tabela 2. Foram selecionados vinte genótipos superiores portadores da característica “tipo Golden”, das seguintes progênies: 11, 12, 14, 15, 18 e 19.

Segundo Resende (2007) a metodologia do REML/BLUP proporciona o ordenamento dos genótipos potenciais para seleção explorando toda a variação genotípica entre e dentro de progênies porém, considerando cada variável analisada separadamente. Este procedimento tem-se mostrado eficiente

em estudos realizados com cana-de-açúcar (Pedrozo et al., 2009), feijão (Chiorato et al., 2008) e seringueira (Costa et al., 2008a, Costa et al., 2008b).

Com base no índice genético padronizado (IG2), foram selecionadas 20 plantas possuidoras da característica Golden para o avanço de geração, tanto de autofecundações como retrocruzamento para os recorrentes JS12 e SS72/12; referidos materiais foram selecionados dentro das progênies superiores com base na seleção combinada e se utilizando a seleção direta para características importantes no melhoramento do mamoeiro, AIPF, FE, FI e PROD e demais características. No entanto, é importante lembrar que os parâmetros genéticos estimados, tal como a eficiência do índice utilizado na seleção, são um caráter inerente à população trabalhada e às condições experimentais estabelecidas neste estudo.

Conclusões

A população analisada possui moderada a baixa variabilidade para continuação dos ciclos de seleção; logo, a seleção de plantas deve ser realizada, prioritariamente, com base na média das famílias em razão da herdabilidade desta ser mais precisa quando comparada com herdabilidade individual; a associação entre valores genotípicos individuais e índice de seleção, foi eficiente para selecionar progênies e plantas acima da média da população original.

Agradecimentos

À FAPERJ pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora; à Empresa Caliman Agrícola S/A, pela parceria com a UENF, e ao Curso de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas da UENF, Campos dos Goytacazes, RJ, pela oportunidade de execução desta pesquisa.

Literatura Citada

- Alves, F. M.; Resende, M. D. V. Avaliação genética de indivíduos e progênies de cupuaçuzeiro no estado do Pará e estimativas de parâmetros genéticos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.30, n.3, p.696-701, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000300023>>. 15 Jun 2012.
- Campostrini, E.; Lima, H. C.; Oliveira J. G.; Monnerart, P. H.; Marinho, C. S. Teores de Ca e variáveis meteorológicas: relações com a mancha fisiológica do mamão no norte fluminense. *Bragantia*, v.64, n.4, p.601-613, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000400010>>. 19 Set. 2012.
- Chiorato, A. F.; Carbonell, S. A. M.; Dias, L. A. S.; Resende, M. D. V. Prediction of genotypic values and estimation of genetic parameters in common bean. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.51, n.3, p.465-472, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132008000300005>>. 15 Jun. 2012.
- Costa, R. B., Resende, M. D. V.; Gonçalves, P. S.; Arruda, E. J.; Oliveira, L. C. S.; Bortoletto, N. Prediction of genotypic values for yield in rubber tree-clone test trials using REML/BLUP procedure. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.2, n.4, p.575-582, 2002. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/modules/news/article.php?Storyid=132>>. 15 Jun. 2012.
- Costa, R. B.; Resende, M. D. V.; Gonçalves, O. S.; Chichorro, J. F.; Roa, R. A. R. Variabilidade genética e seleção para caracteres de crescimento da seringueira. *Bragantia*, v.67, n.2, p.299-305, 2008a. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200005>>. 15 Jun. 2012.
- Costa, R. B.; Resende, M. D. V.; Gonçalves, O. S.; Oliveira, L. C. S.; Ítavo, L. C. V.; Roa, R. A. R. Seleção simultânea para porte reduzido e alta produção de látex em seringueira. *Bragantia*, v.67, n.3, p.649-654, 2008b. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000300013>>. 15 Jun. 2012.
- Falconer, D. S. Introdução à genética quantitativa. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1987. 198p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. Agricultural data. <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. 21 Mar. 2012.
- Garcia, A. A. F.; Souza Júnior, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. *Bragantia*, v.58, n.2, p.253-267, 1999. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051999000200005>>. 15 Jun. 2012.
- Gomes Filho, A.; Oliveira, J. G.; Viana, A. P.; Pereira, M. G. Lâminas de irrigação e coberturas do solo sobre a incidência da mancha fisiológica e produtividade do mamão “Golden”. *Ciência Rural*, v.37, n.6, p.1654-1660, 2007. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600023>>. 15 Jun. 2012.
- Hazel, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, v.28, n.6, p.476-490, 1943. <<http://www.genetics.org/content/28/6/476.citation>>. 15 Jun. 2012.
- Henderson, C. R. Best linear unbiased estimation and prediction under a selection model. *Biometrics*, v.31, n.2, p.432-449, 1975. <<http://dx.doi.org/10.2307/2529430>>. 15 Jun. 2012.
- Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - INCAPER. Meteorologia e recursos hídricos. <<http://hidrometeorologia.incaper.es.gov.br>>. 21 Mar. 2012.
- La Gioia, D. R. As metodologias de índice de seleção aplicadas ao melhoramento de plantas forrageiras. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 142p. Tese Doutorado. <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/7555>>. 21 Mar. 2012.
- Liberato, J. R.; Zambolim, L. Controle das doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides em mamoeiro. In: Zambolim, L.; Vale, F. X. R.; Monteiro A. J. A.; Costa, H. (Eds.) Controle de doenças de plantas. Viçosa: Editora UFV, 2002. p.1023-1170.
- Marin, S. L. M.; Pereira, M. G.; Amaral Júnior, A. T.; Martelletto, L. A. P.; Ide, C. D. Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of ‘Solo’ and ‘Formosa’ parents. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.6, n.1, p.24-29, 2006. <>. 15 Jun. 2012.
- Mora, F.; Pupin-Junior, F.; Scapim, C. A. Predicción del efecto de cultivares de algodón en la presencia de interacción genotipo-ambiente. *Ciencia e Investigación Agraria*, v.34, n.1, p.13-21, 2007. <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202007000100002>>. 15 Jun. 2012.
- Oliveira, A. M. G.; Caldas, R. C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, Fósforo e potássio. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.1, p.160-163, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000100042>>. 15 Jun. 2012.
- Oliveira, J. G.; Vitória, A. P. Papaya: Nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders: An overview. *Food Research International*, v.44, n.5, p.1306-1313, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.035>>. 19 Set. 2012.
- Pedrozo, C. A. Eficiência da seleção em fases iniciais no melhoramento da cana-de-açúcar. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 120p. Dissertação Mestrado. <http://www.tede.ufrv.br/tesesimplificado/tde_arquivos/22/TDE-2007-02-06T111818Z-319/Publico/texto%20completo.pdf>. 15 Jun. 2012.
- Pedrozo, C. A.; Benites, F. R. G.; Barbosa, M. H. P.; Resende, M. D. V.; Silva, F. L. Efficiency of selection indexes using the REML/BLUP procedure in sugarcane breeding. *Scientia Agraria*, v.10, n.1, p.31-36, 2009. <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/agraria/article/view/11711/9879>>. 15 Jun. 2012.

- Piepho, H. P.; Mohring, J.; Melchinger, A. E.; Buchse, A. BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, v.161, n.1-2, p.209-228, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1007/s10681-007-9449-8>>. 15 Jun. 2012.
- Ramos, H. C. C. Retrocruzamento em mamoeiro: avanço de gerações e seleção de linhagens via procedimentos clássicos e moleculares. Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2010. 134p. Tese Doutorado. <http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/GMP_3770_1313500397.pdf>. 15 Jun. 2012.
- Ramos, H. C. C.; Pereira, M. G.; Silva, F. F.; Viana, A. P. Seasonal and genetic influences on sexual expression in segregating papaya population derived from back cross. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.11, n.2, p.97-105, 2011. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1984-70332011000200001>>. 15 Jun. 2012.
- Reis, L. F.; Campostrini, E.; Netto, A. T. Skin freckles on Formosa papaya: relationships with soil water potential total soluble solids of latex and climate variables. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.5, p.1473-1480, 2008. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000500018>>. 19 Sep. 2012.
- Resende, M. D. V. Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975p.
- Resende, M. D. V. Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 362p.
- Resende, M. D. V.; Duarte, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.37, n.3, p.182-194, 2007. <<https://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/1867>>. 15 Jun. 2012.
- Resende, M. D. V.; Furlani-Júniro, E.; Moraes, M. L. T.; Fazuoli, L. C. Melhoramento do cafeeiro pelo procedimento REML/BLUP. *Bragantia*, v.60, n.3, p.185-193, 2001. <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052001000300005>>. 18 Set. 2012.
- Silva, F. F. Abordagem clássica e molecular do melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.). Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2006. 132p. Tese Doutorado. <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=25692>. 15 Jun. 2012.
- Silva, F. F.; Pereira, M. G.; Ramos, H. C. C.; Damasceno Júnior, P. C.; Pereira, T. N. S.; Gabriel, A. P. C.; Viana, A. P.; Ferregueti, G. A. Selection and estimation of the genetic gain in segregating generations of papaya (*Carica papaya* L.). *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.8, n.1, p.1-8, 2008. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/uploads/bd6b9df0-111c-2056.pdf>>. 15 Jun. 2012.
- Smith, H. F. A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, v.7, n.3, p.240-250, 1936. <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02143.x>>. 15 Jun. 2012.
- Ueno, B.; Neves, E. F.; Machado Filho, J. A.; Yamanishi, O. K.; Fagundes, G. R.; Campostrini, E. Mancha fisiológica em frutos de mamoeiro no oeste da Bahia: relatório de trabalho da parceria Universidade de Brasília com os produtores de mamão da Associação dos Irrigantes do Oeste da Bahia (AIBA). Brasília, DF: [s.n.], 2002. 109p.
- Vieira, E. A.; Carvalho, F. I. F.; Oliveira, A. C.; Benin, G.; Lorencetti, C.; Zimmer, P. D.; Floss, E. L.; Martins, A. F.; Martins, L. F.; Carvalho, M. F. de. Use of non parametric selection indexes in studies of adaptability and stability of oat cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.6, n.1, p.95-103, 2006. <<http://www.sbmp.org.br/cbab/siscbab/modules/news/article.php?storyid=352>>. 15 Jun. 2012.