

Formação de supercaracteres para seleção de famílias de maracujazeiro amarelo

Fábio Medeiros Ferreira^{1*}, Leonarda Grillo Neves², Claudio Horst Bruckner³ e Alexandre Pio Viana⁴, Cosme Damião Cruz⁵ e Marco Antonio Aparecido Barelli²

¹Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Rua Nossa Senhora do Rosário, 3863, 69100-000, Itacoatiara, Amazonas, Brasil. ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. ³Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ⁴Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense "Darcy Ribeiro", Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. ⁵Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: ferreirafmt@ufam.edu.br

RESUMO. No presente estudo, objetivou-se formar supercaracteres para seleção simultânea de variáveis relacionadas à produção e qualidade dos frutos em famílias de irmãos completos e, ou, meios-irmãos de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). Avaliaram-se 113 famílias e 11 variáveis, no Delineamento I de Comstock e Robinson, em blocos ao acaso com três repetições. A análise de fatores estabeleceu três supercaracteres: tamanho do fruto (TF), produtividade (PROD) e rendimento de indústria (RI). Para grande maioria das variáveis originais, foram verificados sinais de cargas fatoriais que refletem o verdadeiro sentido da seleção em programas de melhoramento de maracujá. Detectou-se variabilidade genética nos níveis hierárquicos de genitor masculino e genitoras femininas dentro de genitor masculino, nos supercaracteres TF, PROD e nas respectivas variáveis originais que os compuseram. O supercaractere RI não apresentou variabilidade em função da não-existência desta nas variáveis que o constituíram. Houve ganhos genéticos preditos, em sentido desejado, nas variáveis formadoras dos supercaracteres tamanho do fruto e produtividade. Portanto, estes podem ser utilizados na seleção simultânea de caracteres relacionados ao tamanho do fruto e à produtividade.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, seleção simultânea, análise multivariada, melhoramento genético.

ABSTRACT. Development of super-traits for selection of families of yellow passion fruit. This study aimed to establish super-traits for simultaneous selection of variables related to fruit yield and quality in full-sibs and/or half-sib families of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). The Design I of Comstock and Robinson was used, in random blocks with three replications, to evaluate 113 families and 11 variables. Three super-traits were determined by factor analysis: fruit size (TF), productivity (PROD) and industry yield (RI). Signals of factorial charge reflected the true sense of selection in passion fruit breeding programs for most original variables. Genetic variability was detected at the hierarchical levels of male parent and female parent within the male parent for the super-traits TF, PROD and for the respective original variables that represented it. There was no variability in super-trait RI since it was absent in the variables that represented it. Genetic gains were obtained in the desired sense in the determinant variables of the super-traits fruit size and productivity. Consequently, these can be employed in the simultaneous selection of traits related to fruit size and productivity.

Key words: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, simultaneous selection, multivariate analysis, genetic breeding.

Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.), com uma produção média de 467.464 toneladas (AGRIANUAL, 2004) e sob condições climáticas altamente favoráveis (PIRES et al., 2009). Além de ser o maior produtor, o país também é um dos maiores consumidores do mundo.

O maracujá-amarelo tem despertado grande interesse entre os fruticultores, pela rápida produção

em relação a outras espécies frutíferas e por sua excelente aceitação no mercado para o consumo *in natura* e industrialização, pois a importância econômica do fruto é representada, principalmente, pelo suco integral, concentrado e diluído (néctar) (ROCHA et al., 2001). Ainda é utilizada a casca para produção de geléias e produtos farmacêuticos, bem como o óleo proveniente das sementes.

Atualmente, o produtor é mais bem remunerado quando apresenta um produto de melhor qualidade

no mercado, em determinadas épocas do ano. Assim, os programas de melhoramento têm objetivado reduzir a variabilidade qualitativa e quantitativa da capacidade produtiva do maracujazeiro, por meio do lançamento de cultivares mais uniformes e produtivas, o que representaria um aumento significativo na renda dos produtores. O maracujazeiro é uma planta alógama, auto-incompatível (BRUCKNER et al., 1995), com grande variabilidade, passível de ser explorada pelo melhoramento genético (BRUCKNER et al., 2002). Existem muitos programas de melhoramento do maracujazeiro no Brasil, de modo que seleções promissoras deverão ser praticadas nos próximos anos.

Julga-se uma boa opção cultivar aquela capaz de reunir várias atribuições agrônomicas e comerciais. Assim, o melhorista deve estar preocupado em elucidar as relações existentes entre as várias características da planta. É comum verificar que algumas destas características são altamente correlacionadas em determinadas espécies e que é possível obter ganhos indiretos favoráveis. No entanto, tal possibilidade nem sempre ocorre, e um cuidado adicional deve ser tomado quando o objetivo é praticar seleção simultânea (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Entre as alternativas de seleção simultânea apresenta-se a análise de fatores. Neste método, as variáveis iniciais são substituídas por um número menor de variáveis latentes, chamadas fatores. A cada fator corresponde um grupo das variáveis iniciais que estejam fortemente correlacionadas entre si, mas fracamente correlacionadas com as outras variáveis iniciais. Os fatores podem ser considerados eixos de influência comuns a vários conjuntos de variáveis independentes, inseridos no espaço multidimensional de uma matriz de correlações. Com a aplicação da análise de fatores, esse espaço multidimensional pode ser reduzido a um espaço com muito menos dimensões, com perda mínima de informação e de mais fácil interpretação (GOULD, 1996).

A análise de fatores tem sido utilizada em diversos estudos na área biológica, inclusive na área do melhoramento genético vegetal, a exemplo de Godshalk e Timothy (1988), Ranalli et al. (1991), Acquaah et al. (1992), Petersen (1992), Juvik et al. (1993), Granate et al. (2001), Ferreira et al. (2004) e Toker e Cagircan (2004). Os resultados apresentados na literatura dão suporte à utilização da análise de fatores como uma técnica em potencial ao agrupamento de variáveis correlacionadas. No melhoramento, tais supercaracteres podem ser utilizados na predição de ganhos genéticos indiretos por seleção e complementar as técnicas de seleção simultânea baseadas em índices de seleção. Godshalk e Timothy (1988) atribuíram à análise de fatores

potencial para eliminar os problemas associados com índices de seleção, incluindo erros de estimação de parâmetros genéticos e dificuldades em definir os pesos econômicos para as variáveis originais. Ranalli et al. (1991) e Granate et al. (2001) também obtiveram sucesso ao trabalharem com índices de seleção em consonância com a análise de fatores. Até o momento, não se conhecem trabalhos sobre a análise de fatores aplicada ao melhoramento da cultura do maracujazeiro.

Neste contexto, objetivou-se formar supercaracteres para seleção simultânea de características relacionadas à produção e qualidade dos frutos em famílias de maracujazeiro amarelo.

Material e métodos

Durante o ano de 2003, foram avaliadas 113 famílias, na Fazenda Mamão, em Viçosa, Estado do Minas Gerais. Tais famílias foram oriundas dos cruzamentos entre genótipos provenientes das populações São Francisco do Itabapoana, Maguary e Yellow Master, segundo recomendação de plantio do Programa Frutificar, cultivadas na área da Empresa Bela Joana, em Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro. A amostragem das plantas para realização dos cruzamentos ocorreu aleatoriamente nas linhas de plantio, no período de maio a julho de 2002.

Para a obtenção das famílias, adotou-se o Delineamento I de Comstock e Robinson (1948), utilizando-se um total de 23 plantas doadoras de pólen (genitor masculino) e 113 plantas receptoras (genitoras femininas), e obtiveram-se três frutos por planta genitora feminina. Foram realizados cruzamentos controlados e os frutos foram protegidos para evitar perdas após amadurecimento. Estabeleceu-se a relação próxima de um genitor masculino para cada cinco genitoras femininas distintas. Assim, segundo o Delineamento I, foi possível desenvolver famílias de irmãos-completos e, ou famílias de meios-irmãos, quando se considerou um mesmo genitor masculino.

Para avaliação fenotípica, as 113 famílias foram distribuídas em três conjuntos, compostos por 40, 40 e 33 famílias. Cada conjunto foi delineado em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas foram constituídas por três plantas, espaçadas por 2,50 m entre plantas e 2,80 m entre fileiras (com área total da parcela de 21 m²). O manejo e os tratos culturais foram realizados conforme o recomendado, com irrigação por gotejamento.

Avaliaram-se as seguintes variáveis: 1) produtividade decorrente da primeira florada em g 21 m⁻² (PPF); 2) número de frutos colhidos

provenientes da primeira florada (NF); 3) peso de fruto em g (PF); 4) peso de polpa com semente em g (PP); 5) porcentagem de polpa (PP%), dada pela relação PP/PF; 6) teor de sólidos solúveis totais (SST); 7) espessura da casca em mm (EC); 8) diâmetro equatorial do fruto em mm (DF); 9) comprimento de fruto em mm (CF); 10) peso da casca em g (PC); 11) dias até o florescimento (DAF).

O modelo proposto à análise de fatores é descrito, segundo Cruz e Carneiro (2003), por:

$$X_j = I_{j1}F_1 + I_{j2}F_2 + \dots + I_{jm}F_m + \varepsilon_j$$

em que:

X_j é a j-ésima variável ($j = 1, 2, \dots, 11$); I_{jk} é a carga fatorial para a j-ésima variável associada ao k-ésimo fator ($k = 1, 2, \dots, m$); F_k é o k-ésimo fator comum e ε_j é o fator específico da j-ésima variável.

Para a execução da análise de fatores, utilizou-se a matriz de dados originais de médias das 113 famílias e 11 variáveis. O número inicial de fatores comuns foi definido como sendo igual ao número de autovalores maiores do que a unidade e o modelo ortogonal – nenhum fator correlacionado foi escolhido (FERREIRA et al., 2004). Uma vez estabelecido o número de fatores comuns, foi calculada a comunalidade,

$$S_j^2 = \sum_{k=1}^m I_{jk}^2 = 1 - \hat{\sigma}_{\varepsilon_j}^2$$

em que:

$\hat{\sigma}_{\varepsilon_j}^2$ é a estimativa da variância do fator específico associado a j-ésima variável e as cargas fatoriais iniciais destes fatores. Após rotação dos eixos *Varimax* (MARDIA et al., 1979), foram obtidas as cargas fatoriais finais, com as quais foram definidos os supercaracteres (ou novas variáveis). Uma vez interpretados, obtiveram-se os escores de cada fator a partir da seguinte equação matricial:

$$F^* = [(G'G)^{-1} G' X]$$

em que:

$F^* = [E_1 E_2 \dots E_m]$ é o vetor de dimensão 1 x m dos escores fatoriais (E_k);

$$G = \begin{bmatrix} \ell_{1,1} & \ell_{1,2} & \dots & \ell_{1,m} \\ \ell_{2,1} & \ell_{2,2} & \dots & \ell_{2,m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \ell_{11,1} & \ell_{11,2} & \dots & \ell_{11,m} \end{bmatrix} \text{ é uma matriz de}$$

dimensão 11 x m das cargas fatoriais finais ($\ell_{j,k}$);

$$X = \begin{bmatrix} \hat{m}_1 \\ \hat{m}_2 \\ \dots \\ \hat{m}_{11} \end{bmatrix} \text{ é o vetor de dimensão } 11 \times 1 \text{ das}$$

médias das variáveis da l-ésima família. Portanto, para cada família, existirão novas variáveis.

Os valores dos escores fatoriais, que correspondem a valores observados para os supercaracteres, foram submetidos à análise de variância. Adotou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{iglr} = \mu + M_i + F/M_{ig} + B_r + \varepsilon_{iglr}$$

em que:

Y_{iglr} é o valor observado da l-ésima família oriunda do cruzamento entre o i-ésimo genitor masculino e a g-ésima genitora feminina; μ é a média geral; M_i é o efeito do i-ésimo genitor masculino [$i = 1, 2, \dots, 23$ e $M_i \sim \text{NID}(0, \sigma_m^2)$]; F/M_{ig} é o efeito da g-ésima genitora feminina dentro do i-ésimo genitor masculino [$g = 1, 2, \dots, f_i$ e $F/M_{ig} \sim \text{NID}(0, \sigma_f^2)$]; B_r é o efeito do r-ésimo bloco [$r = 1, 2, 3$ e $B_r \sim \text{NID}(0, \sigma_B^2)$]; ε_{iglr} é o efeito do erro experimental [$\varepsilon_{iglr} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$]. Os valores observados (Y_{iglr}) foram corrigidos para efeito de conjunto, de modo que $Y_{iglr} = Y_{iglr_s} - \varepsilon_s$, em que ε_s é o erro associado ao s-ésimo conjunto ($= \bar{Y}_{\dots s} - \bar{Y}_{\dots}$).

Foram realizadas análises de variância das variáveis originais e supercaracteres, a fim de inferir a variabilidade nos níveis hierárquicos. Foram estimados os coeficientes de variação ambiental e genético e de herdabilidades no sentido restrito, nos níveis hierárquicos do modelo, conforme Cruz e Carneiro (2003), apenas para aquelas variáveis originais e supercaracteres que exibiram variabilidade genética significativa. Foi realizada a predição de ganhos genéticos simultâneos nas variáveis originais, com a seleção praticada nos escores fatoriais dos supercaracteres, usando-se a seguinte expressão:

$$GS_{jm} \% = \frac{(DS_{jm} h_j^2)}{\bar{X}_j} .100$$

em que:

DS_{jm} é o diferencial de seleção obtido na variável j pela seleção realizada no supercaractere m; h_j^2 é a herdabilidade no sentido restrito da variável j; \bar{X}_j é a média fenotípica da variável j.

A seleção direta e a seleção indireta simultânea foram processadas em nível de genitor masculino e em nível de genitora feminina, com 30% de selecionados, o que representou, aproximadamente, sete indivíduos genitores masculinos e 34 famílias, respectivamente. Para as variáveis dias até o florescimento, peso da casca e espessura da casca considerou-se o sentido da seleção para decréscimo; para as demais variáveis originais, a seleção foi no sentido de acréscimo na média geral. Para os supercaracteres, o processo seletivo foi praticado nos dois sentidos. Todas as análises foram executadas pelo programa GENES (CRUZ, 2006a; 2006b; 2006c).

Resultados e discussão

Foram definidos três fatores comuns, uma vez que a mesma quantidade de autovalores apresentou magnitudes superiores a unidade. Além disso, os três primeiros autovalores explicaram mais de 75% da variação total (Tabela 1). As novas variáveis foram definidas pelas magnitudes e pelos sinais das cargas fatoriais finais. Os sinais apresentados pelas cargas fatoriais refletem o sentido da seleção para determinada variável, conforme o objetivo dos programas de melhoramento. A definição de um supercaractere está fundamentada na interpretação biológica a qual ele possibilita. As cargas finais com valores absolutos acima de 0,60 e valores acima de 0,58 para a comunalidade foram consideradas satisfatórias, entendendo que estes valores, embora de magnitude intermediária, permitiram estabelecer associações biológicas entre variáveis originais e supercaracteres, à semelhança das interpretações dadas por Walton (1971) e Rao e Paroda (1982).

Tabela 1. Valores das cargas fatoriais finais e comunalidade obtidas pela análise de fatores de 11 variáveis avaliadas em famílias de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*).

Variáveis	F1 [#]	F2	F3	Comunalidade
PF	0,9550[#]	-0,1270	-0,1864	0,9628
CF	0,8323	-0,2198	0,0510	0,7437
DF	0,8528	-0,0967	-0,2336	0,7911
PP	0,8296	-0,0103	0,4518	0,8925
PC	0,7346	-0,1753	-0,6194	0,9541
DAF	0,2439	-0,7228	0,2140	0,6278
NF	-0,1500	0,9470	0,0758	0,9250
PPF	0,0356	0,9608	0,0385	0,9259
EC	0,1325	0,1345	-0,7410	0,5847
PP%	0,0382	0,1023	0,9269	0,8710
SST	-0,1363	0,1492	0,0915	0,0492

PF - peso de fruto em g; CF - comprimento de fruto em mm; DF - diâmetro equatorial do fruto em mm; PP - peso de polpa com semente em g; PC - peso da casca em g; DAF - dias até o florescimento; NF - número de frutos colhidos provenientes da primeira florada; PPF - produtividade decorrente da primeira florada em g 21 m⁻²; EC - espessura da casca em mm; PP% - porcentagem de polpa, dada pela relação PF/PP; SST - teor de sólidos solúveis totais; [#] F1, F2 e F3 correspondem ao primeiro, segundo e terceiro fator, respectivamente; ****** Valores em negrito se referem às cargas fatoriais das variáveis que compõem os respectivos fatores e suas comunalidades.

O primeiro fator (F1) foi relacionado às variáveis peso de fruto (PF), comprimento de fruto (CF), diâmetro equatorial do fruto (DF), peso de polpa com semente (PP) e peso da casca (PC). Este fator foi interpretado como tamanho do fruto (TF). Algumas considerações devem ser feitas para este supercaractere. Embora a carga fatorial para peso da casca tenha sido de elevada magnitude, seu sinal positivo não reflete o objetivo dos programas de melhoramento do maracujazeiro, que tem sido a diminuição do peso da casca. Evidentemente, o interesse em selecionar famílias com os maiores valores fenotípicos (escores fatoriais) para TF é válido no sentido de obter ganhos de seleção favoráveis para peso de polpa com semente. Também obter ganhos genéticos sobre peso de fruto, comprimento de fruto e diâmetro equatorial do fruto é igualmente importante. Isto garante ao melhorista um genótipo com características comerciais para mercado *in natura*. Os frutos destinados ao mercado *in natura* devem apresentar tamanho grande, que garanta classificação comercial adequada aos padrões de mercado, além de coloração uniforme, boa aparência, resistência ao transporte e boa conservação pós-colheita (OLIVEIRA et al., 1994). Assim, optou-se por considerar o supercaractere TF nas predições de ganhos genéticos indiretos nas variáveis originais.

O segundo fator (F2) apresentou cargas fatoriais de magnitude satisfatória e sinais concordantes com o propósito do melhoramento para as variáveis dias até o florescimento (DAF), número de frutos colhidos provenientes da primeira florada (NF) e produtividade decorrente da primeira florada (PPF). Este fator está bem caracterizado pela produção de frutos, sendo denominado produtividade (PROD). No terceiro fator (F3), as variáveis espessura da casca (EC), peso da casca (PC), porcentagem de polpa (PP%) apresentaram cargas fatoriais de magnitude e sinais adequados, de modo que F3 foi caracterizado como o supercaractere rendimento de indústria (RI). Destaca-se o fato de que a variável peso de polpa com semente, segundo a análise de fatores, foi muito mais correlacionada ao supercaractere tamanho de fruto do que ao rendimento de indústria, cujas cargas fatoriais foram iguais a 0,82 e 0,45, respectivamente. De acordo com as magnitudes da carga fatorial final e comunalidade da variável teor de sólidos solúveis totais (SST), não foi possível associá-la a nenhum dos três fatores.

Detectou-se variabilidade genética ($p < 0,01$) para os supercaracteres tamanho do fruto e produtividade, e as respectivas variáveis que os

compõem, com exceção da variável peso da casca em nível de genitoras femininas hierarquizadas dentro de genitor masculino (Tabelas 2, 3 e 4). A existência de variabilidade nos supercaracteres possibilitou a identificação de indivíduos genitor masculino, genitoras femininas e famílias superiores. Ao contrário, o supercaractere rendimento de indústria não apresentou variabilidade genética para os níveis hierárquicos (Tabela 2). As variáveis espessura da casca, peso da casca e porcentagem de polpa também não apresentaram variabilidade nos níveis de genitor masculino, genitoras femininas dentro de genitor masculino e todos os níveis hierárquicos, respectivamente, o que acabou repercutindo no supercaractere RI (Tabela 5). Viana et al. (2003) observaram baixo polimorfismo, por meio de marcadores RAPD, entre os indivíduos das populações de maracujá-amarelo de mesma procedência das estudadas no presente trabalho. Este resultado vem corroborar a ausência de variabilidade genética em algumas das 11 variáveis estudadas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância, estimativas da média geral, do coeficiente de variação ambiental (CV_e), das herdabilidades no sentido restrito (h^2) e da relação entre o coeficiente de variação genética e ambiental (CV_g/CV_e) dos supercaracteres tamanho do fruto (TF), produtividade (PROD), rendimento de indústria (RI) e a variável teor de sólidos solúveis totais (SST), em 113 famílias de maracujazeiro (*Passiflora edulis f. flavicarpa*).

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		TF	PROD	RI	SST
Bloco	2	1406,83	139,78	2285,41	0,08
Genitor masculino	22	803,61**	560,60**	343,90 ^{ns}	1,76 ^{ns}
Genitora feminina/masculino	90	176,90**	191,90**	299,90 ^{ns}	1,22**
Resíduo	224	77,58	67,78	318,88	0,80
Total	338				
Média geral		153,84	-1,08	17,22	13,64
CV_e (%)		5,73	760,34	103,69	6,54
h^2 (%) - nível de genitor masculino		93,56	75,08	-	-
$CV_{g(masculino)}/CV_e$		0,74	0,61	0,057	0,21
h^2 (%) - nível de genitora feminina		82,85	50,03	-	16,12
$CV_{g(feminino)}/CV_e$		0,65	0,88	0,00	0,42

**Existência de variabilidade genética ($p < 0,01$); ^{ns} Não há variabilidade genética ($p > 0,05$), pelo teste F. As caselas preenchidas por “-” pertencem àquelas variáveis cujos níveis do modelo hierárquico não apresentaram variabilidade genética.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis originais que compõem o supercaractere tamanho do fruto, em 113 famílias de maracujazeiro (*Passiflora edulis f. flavicarpa*).

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio				
		PF	CF	DF	PP	PC
Bloco	2	9125,64	344,03	275,62	2983,97	9366,65
Genitor masculino	22	5104,22**	266,44**	88,73**	1343,21**	1747,56**
Genitora Feminina/masculino	90	1138,10*	62,77**	25,96**	360,78**	78,41 ^{ns}
Resíduo	224	785,97	19,02	13,59	257,5	1010,45
Total	338					
Média geral		199,99	86,29	76,68	90,18	109,81
CV_e (%)		14,02	5,05	4,81	17,8	28,95

PF - peso de fruto em g; CF - comprimento de fruto em mm; DF - diâmetro equatorial do fruto em mm; PP - peso de polpa com semente em g; PC - peso da casca em g; CV_e (%) - Coeficiente de variação ambiental; *Existência de variabilidade genética ($p < 0,01$); Existência de variabilidade genética ($p < 0,05$); ^{ns} Não há variabilidade genética ($p > 0,05$), pelo teste F.

As estimativas dos coeficientes de variação ambiental (CV_e %) dos supercaracteres variaram consideravelmente (Tabela 2). A influência ambiental sobre TF foi bem menor quando comparada a RI e PROD, à semelhança do que aconteceu com a maioria das variáveis que compuseram cada um destes supercaracteres (Tabelas 3, 4 e 5). As estimativas de herdabilidade no sentido restrito, em nível de genitor masculino e genitora feminina, foram elevadas para TF e PROD. Verifica-se aspecto positivo para a seleção indireta via supercaracteres, em especial às situações cuja herdabilidade de um supercaractere é elevada, pois ela pode ser considerada global. Se uma variável que compõe este supercaractere exibe baixa herdabilidade, a seleção indireta (via supercaractere) poderá ser mais eficiente que a seleção direta, conforme demonstraram Cruz e Carneiro (2003).

Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis originais que compõem o supercaractere produtividade, em 113 famílias de maracujazeiro (*Passiflora edulis f. flavicarpa*).

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio		
		DAF	NF	PPF
Bloco	2	221,73	34,87	4,04
Genitor masculino	22	789,33**	1010,37*	27,87**
Genitora feminina/masculino	90	298,08**	312,28**	11,67**
Resíduo	224	106,9	98,04	3,97
Total	338			
Média geral		115,18	22,09	4,29
CV_e (%)		8,98	44,82	46,43

DAF - dias até o florescimento; NF - número de frutos colhidos provenientes da primeira florada; PPF - produtividade decorrente da primeira florada em g 21m². CV_e (%) - Coeficiente de variação ambiental; *Existência de variabilidade genética ($p < 0,01$); *Existência de variabilidade genética ($p < 0,05$), pelo teste F.

Tabela 5. Resumo da análise de variância das variáveis originais que compõem o supercaractere rendimento de indústria, em 113 famílias de maracujazeiro (*Passiflora edulis f. flavicarpa*).

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Quadrado Médio		
		EC	PC	PP%
Bloco	2	11,51	9366,65	1057,07
Genitor masculino	22	3,66 ^{ns}	1747,56**	68,39 ^{ns}
Genitora feminina/masculino	90	3,16**	78,41 ^{ns}	68,24 ^{ns}
Resíduo	224	0,99	1010,45	109,58
Total	338			
Média geral		7,47	109,81	45,79
CV_e (%)		13,37	28,95	22,86

EC - espessura da casca em mm; PP% - porcentagem de polpa, dada pela relação PF/PP. CV_e (%) - Coeficiente de variação ambiental. *Existência de variabilidade genética ($p < 0,01$); ^{ns} Não há variabilidade genética ($p > 0,05$), pelo teste F.

Na Tabela 2, estão especificadas as relações entre o coeficiente de variação genotípica em nível de genitor masculino e ambiental ($CV_{g(\text{genitor masculino})}/CV_e$ ou $CV_{g(\text{genitor feminino})}/CV_e$, respectivamente). Em comparação ao coeficiente de variação genética, as relações CV_g/CV_e não são influenciadas pela média da variável e apresentam a vantagem de revelar a magnitude real do incremento de uma característica em um grupo de indivíduos estudados

(VENCOVSKY, 1987). Mistro et al. (2004) relatam que quando a relação CV_g/CV_e apresenta valor igual ou maior do que 1,0, as condições são altamente favoráveis à seleção. Assim, na avaliação dos supercaracteres TF, PROD e RI, há fortes evidências de que a população não possui ampla variabilidade genética para estas novas variáveis, uma vez que todas as relações $CV_{g(\text{masculino})}/CV_e$ e $CV_{g(\text{feminina})}/CV_e$ foram inferiores à unidade. No entanto, os supercaracteres TF e PROD apresentaram valores mais próximos à unidade. No geral, os ganhos genéticos indiretos obtidos nas variáveis originais que compõem os respectivos supercaracteres foram de magnitude moderada (Tabela 6).

Como os supercaracteres agregavam variáveis cujos sentidos da seleção eram opostos, estimaram-se ganhos indiretos via acréscimo ou decréscimo nos supercaracteres. No entanto, a seleção que visa decréscimo na média dos escores dos supercaracteres foi desconsiderada, pois a grande maioria dos sinais das variáveis originais não estava de acordo com os propósitos do melhoramento.

Os percentuais dos ganhos diretos obtidos nas variáveis PF, DF, CF e PP foram moderados, assim como aqueles obtidos para este mesmo conjunto de variáveis via acréscimo no supercaractere TF, tanto em nível de genitora feminina quanto em nível de genitor masculino (Tabela 6). Seria adequado selecionar famílias cujos valores fenotípicos superam a média geral, uma vez que se está promovendo aumento nas variáveis PF, DF, CF e PP, embora haja elevação indesejável em PC, em nível de genitor masculino. Nas demais variáveis originais, a seleção indireta via acréscimo em TF não trouxe benefícios, tanto em termos de magnitude quanto no sentido da seleção.

Os percentuais de ganhos indiretos obtidos em PPF, DAF e NF via acréscimo em PROD foram compatíveis em magnitude e sinais com os ganhos diretos obtidos, para os dois níveis hierárquicos (Tabela 6). Acrescenta-se o fato de que o ganho indireto em PC em nível de genitor masculino, via acréscimo em PROD, apresentou sinal conveniente aos propósitos do melhoramento (Tabela 6). Aconselha-se praticar a seleção em PROD no sentido de aumentar a média da população.

Como as variáveis PP%, EC e SST não exibiram variabilidade genética em alguns ou em todos os níveis hierárquicos do modelo genético, alguns percentuais dos ganhos diretos e todos os ganhos indiretos, via rendimento de indústria, não foram preditos. Tanto na indústria de suco concentrado

quanto no mercado do fruto *in natura*, a espessura da casca (EC) é um fator relevante para a classificação do fruto, por ser inversamente proporcional ao rendimento de suco.

Tabela 6. Percentuais dos ganhos de seleção diretos e indiretos (via supercaracteres) preditos em nível de genitor masculino e genitora feminina para as variáveis originais que compõem os supercaracteres tamanho do fruto (TF) e produtividade (PROD).

Variáveis	Em nível de genitora feminina		Em nível de genitor masculino	
	Ganho de seleção via supercaractere	Ganho de seleção direto	Ganho de seleção via supercaractere	Ganho de seleção direto
TF				
PF	12,13	12,54	10,06	10,42
DF	3,15	3,51	3,31	3,37
CF	5,59	6,25	5,45	5,57
PP	10,53	12,64	9,90	10,03
PC	-	-	7,34	-8,00
PPF	-2,98	-2,98	-9,23	-9,23
DAF	2,16	2,16	4,58	4,58
NF	-12,07	-12,07	-19,29	-19,29
PP%	-	-	-	-
EC	0,10	0,10	-	-
SST	-0,14	0,90	-	-
PROD				
PPF	26,69	27,38	25,46	25,46
DAF	-3,87	-5,46	-3,92	-5,06
NF	40,22	41,82	34,07	34,73
PF	-2,39	-2,39	-4,15	-4,15
DF	-0,47	-0,47	-1,40	-1,40
CF	-1,64	-1,64	-1,92	-1,92
PP	-1,04	-1,04	-3,13	-3,13
PC	-	-	-3,66	-3,66
PP%	-	-	-	-
EC	0,08	0,08	-	-
SST	0,12	0,12	-	-

PF - peso de fruto em g; CF - comprimento de fruto em mm; DF - diâmetro equatorial do fruto em mm; PP - peso de polpa com semente em g; PC - peso da casca em g; DAF - dias até o florescimento; NF - número de frutos colhidos produzidos na primeira florada; PPF - produtividade decorrente da primeira florada em g 21m⁻²; EC - espessura da casca em mm; PP% - porcentagem de polpa, dada pela relação PF/PP; SST - teor de sólidos solúveis totais. ¹Seleção praticada visando acréscimo em todos os supercaracteres biológicos; ²Seleção praticada visando o acréscimo de PF, CF, DF, PP, NF, PPF, PP% e SST e decréscimo em PC, EC e DAF. As caselas preenchidas por "-" pertencem àquelas variáveis cujos níveis do modelo hierárquico não apresentaram variabilidade genética (Tabela 2, 3 e 5).

Com a seleção direta dificilmente se obterá ganhos genéticos simultâneos e satisfatórios para todas as 11 variáveis consideradas neste estudo, pois algumas delas são correlacionadas entre si com sinais negativos (MARTINS et al., 2003), dificultando, assim, os propósitos do melhoramento. Por conta disso, os supercaracteres tamanho do fruto (TF), produtividade (PROD) e rendimento de indústria (RI) podem ser empregados nos programas de melhoramento de maracujá, para seleção de plantas produtivas, com frutos de alto peso de polpa e com características para o mercado *in natura*. Ressalta-se que em outros contextos genéticos as variáveis que compõem o supercaractere RI podem exibir variabilidade genética, conseqüentemente torna-se possível sua utilização nos processos de seleção indireta e simultânea.

Conclusão

Foram formados três supercaracteres: tamanho do fruto, produtividade e rendimento de indústria. Verificou-se variabilidade genética apenas para os supercaracteres tamanho do fruto e produtividade, pela existência de variabilidade em praticamente todas as variáveis que os compuseram. Houve ganhos genéticos preditos, em sentido desejado, nas variáveis formadoras dos supercaracteres tamanho do fruto e produtividade. Por conseguinte, estes podem ser utilizados na seleção simultânea de caracteres relacionados ao tamanho do fruto e à produtividade.

Agradecimentos

Ao CNPq, pelas bolsas concedidas e à Faperj, pelo auxílio financeiro para a execução deste trabalho.

Referências

ACQUAAH, C.; ADAMS, M. W.; KELLY, J. D. A factor analysis of plant variables associated with architecture and seed size in dry bean. *Euphytica*, v. 60, n. 3, p. 171-177, 1992.

AGRIANUAL. **Anuário estatístico do Brasil**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2004.

BRUCKNER, C. H.; CASALI, V. W. D.; MORAES, C. F.; REGAZZI A. J.; SILVA, E. A. M. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Acta Horticulturae*, v. 370, n. 1, p. 45-57, 1995.

BRUCKNER, C. H.; MELETTI, A. M. M.; OTONI, W. C.; ZERBINI JUNIOR, F. M. Maracujazeiro. In: BRUCKNER, C. H (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p. 373-409

COMSTOCK, R. E.; ROBINSON, H. F. The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics*, v. 4, n. 4, p. 254-266, 1948.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: análise multivariada e simulação. Viçosa: UFV, 2006a.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: biometria. Viçosa: UFV, 2006b.

CRUZ, C. D. **Programa Genes**: estatística experimental e matrizes. Viçosa: UFV, 2006c.

Ferreira, A.; CECON, P. R.; CRUZ, C. D.; FERRÃO, R. G.; SILVA, M. F.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, M. A. G. Prediction of selection gains in *Coffea canephora* based on factorial scores. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 4, n. 3, p. 298-304, 2004.

GRANATE, M. J.; CRUZ, C. D.; PACHECO, C. A. P. Análise de fatores na predição de ganhos por seleção em milho (*Zea mays* L.). *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 23, n. 5, p. 1271-1279, 2001.

GODSHALK, E. B.; TIMOTHY, D. H. Factor and principal component analyses as alternatives to index selection. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 76, n. 3, p. 352-360. 1988.

GOULD, S. J. **The mismeasure of man**. New York: Norton, 1996.

JUVIK, J. A.; JANGULO, M. C.; HEADRICK, J. M.; PATAKY, J. K.; TRACY, W. F. Kernel changes in a shrunken 2 maize population associated with selection for increased field emergence. *Journal of the American Society for Horticulture Science*, v. 118, n. 1, p. 135-140, 1993.

MARDIA, K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate analysis**. London: Academic Press, 1979.

MARTINS, M. R.; OLIVEIRA, J. C.; DI MAURO, A. O.; SILVA, P. C. Avaliação de populações de maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* curtis) obtidas de polinização aberta. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 111-114, 2003.

MISTRO, J. C.; FAZUOLI, L. C.; GONÇALVES, P. S.; GUERREIRO FILHO, O. Estimates of genetic parameters and expected genetic gains with selection in robust coffee. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 4, n. 1, p. 86-91, 2004.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K.; MAURO, A. O.; CENTURION, M. A. P. C. Aspectos gerais do melhoramento do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Ed.). **Maracujá: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1994. p. 27-37.

PETERSEN, C. J. Similarities among test sites based on cultivar performance in the hard red winter-wheat region. *Crop Science*, v. 32, n. 4, p. 907-912, 1992.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; ROCHA PINHO, L. G.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa sobre os componentes de produção do maracujazeiro-amarelo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 31, n. 4, p. 655-660, 2009.

RANALLI, P.; RUARO, G.; DEL, R. P. Response to selection for seed yield in bean (*Phaseolus vulgaris*). *Euphytica*, v. 57, n. 2, p. 117-123, 1991.

RAO, G. V. S.; PARODA, R. S. Factor Analysis in Clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.). *Theoretical and Applied Genetics*, v. 62, n. 3, p. 273-276, 1982.

ROCHA, M. C.; BONELLI, A. L. S.; ALMEIDA, A.; COLLAD, F. H. Efeito do uso de biofertilizante AGROBIO sobre as características físico-químicas na pós-colheita do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) no município de Taubaté. *Revista Biociências*, v. 7, n. 2, p. 7-13. 2001.

TOKER, C.; CAGIRCAN, M. I. The use of phenotypic correlation and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea. **Hereditas**, v. 140, n. 3, p. 226-228, 2004.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. (Ed.) **Melhoramento e produção do milho**. 2nd ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214.

VIANA, A. P.; PEREIRA, T. N. S.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, M. M.; MALDONADO, F. M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Diversidade genética entre genótipos comerciais de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e entre espécies de passifloras nativas

determinada por marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 489-493, 2003.

WALTON, P. D. The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. **Euphytica**, v. 20, n. 3, p. 416-421, 1971.

Received on May 9, 2008.

Accepted on August 6, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.