

SELEÇÃO NA PREDIÇÃO DE GANHOS GENÉTICOS EM PROGÊNIES DE *Coffea arabica*¹

Juliana Costa de Rezende², Gladyston Rodrigues Carvalho³, Cesar Elias Botelho⁴, Antônio Carlos Baião de Oliveira⁵, Felipe Lopes da Silva⁶ e Antônio Alves Pereira⁷

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café, pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT-Café) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

² Pós doutoranda PNPd Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig)/Lavras. Bolsista CNPq e-mail: julianacr@epamig.ufla.br

³ Pesquisador Epamig/Lavras. e-mail: carvalho@epamig.ufla.br,

⁴ Pesquisador Epamig/Lavras. e-mail: cesarbotelho@epamig.br

⁵ Pesquisador Embrapa Café /Brasília. e-mail: antonio.baiao@embrapa.br

⁶ Pesquisador Epamig /Viçosa. e-mail: pereira@epamig.ufv.br

⁷ Pesquisador Epamig /Viçosa. e-mail: felipe@epamig.ufv.br

RESUMO: Com o objetivo de investigar os aspectos relacionados à utilização de índices de seleção no melhoramento de café arábica, foram utilizados os procedimentos analíticos: índice com base em soma de postos de Mulamba & Mock (ISP), índice de ganhos desejados de Pesek & Baker (IGD), índice clássico de Smith & Hazel (IC), índice-base de Williams (IB). Foram avaliadas 39 progênies na 4ª geração por autofecundação após o 2º retrocruzamento entre ‘Catuai’ e ‘Mundo Novo’. As avaliações foram realizadas em cafeeiros a partir dos 30 meses de idade, compreendendo as seguintes características: produtividade de oito colheitas, classificação quanto a peneira 16 e acima, porcentagem de frutos granados, vigor vegetativo e porcentagem de grãos chatos. Os procedimentos analíticos dos índices de seleção apresentam possibilidades de aplicações em gerações avançadas de melhoramento sendo superiores em relação à SDI. O IGD não foi adequado na situação analisada no presente trabalho. A seleção com base nos IC e IB foi o critério que apresentou os melhores resultados em termos de ganhos em produtividade e tamanho de grãos e na distribuição de ganhos nas demais características.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, melhoramento genético, estimativas de parâmetros.

SELECTION IN THE PREDICTION OF GENETIC GAIN IN *Coffea arabica* PROGENIES

ABSTRACT: In order to investigate the aspects related to the use of selection indexes in arabic coffee breeding, analytical procedures were used: index based on the sum of ranks of Mulamba & Mock (ISP), index of desired gains of Pesek & Baker (IGD), classic index of Smith & Hazel (IC), base index of Williams (IB). Thirty-nine progenies were evaluated in the 4th generation by selfing after the 2nd backcross between “Catuai” and “Mundo Novo”. The evaluations were realized in coffee plants from 30 months old on, having the following characteristics: yield of eight harvests, classification for blend 16 and over, percentage of floating fruits, vegetative vigour and percentage of flat beans. The (IGD) was not appropriate in the situation analyzed in this work. The selection based on (IC) and (IB) was the criteria that showed the best results in terms of gains in yield and grain size, and in the distribution of gains in the other characteristics.

KEY WORDS: *Coffea arabica*, genetic breeding, estimates of parameters.

INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento, para se obter cultivares superiores é necessário que todas ou a maioria de suas características agrônomicas sejam favoráveis. Nesse sentido, os índices de seleção têm sido propostos como critério de seleção simultânea de vários caracteres desejáveis, aumentando assim a probabilidade de sucesso do programa. Os índices de seleção constituem técnicas multivariadas por meio das quais se criam valores numéricos, que funcionam como uma característica adicional, teórica, resultante da combinação de múltiplas informações contidas na unidade experimental. Possibilitam a seleção com base em um complexo de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico. A seleção deve ser coerente com os objetivos desejados e o processo de seleção empregado, de modo que resulte em melhores ganhos simultâneos (Cruz & Regazzi, 2004). Diferentes índices representam variadas alternativas de seleção nos programas de melhoramento, e conseqüentemente, de ganhos percentuais. De acordo com Cruz & Regazzi (2004), o índice clássico, proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), consiste numa combinação linear de vários caracteres de importância econômica cujos coeficientes de ponderação são estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice e o agregado fenotípico. Pesek & Baker (1969) propuseram um índice em que os pesos econômicos poderiam ser substituídos pelos ganhos desejados pelo melhorista para cada caráter, sujeito às restrições

impostas pela constituição fenotípica e genotípica da população. Williams (1962) propôs o denominado índice-base, que não requer estimativas dos parâmetros genotípicos e fenotípicos e utiliza os valores econômicos relativos como coeficientes. Mulamba & Mock (1978) classificaram os genótipos em relação a cada um dos caracteres, em ordem favorável ao melhoramento eliminando a necessidade de estabelecer pesos econômicos e a de estimativas de variâncias e covariâncias genotípicas e fenotípicas. Esses índices foram verificados por outros autores em soja (Costa et al., 2004), milho pipoca (Granate et al., 2002, Santos et al., 2007), maracujá (Gonçalves et al., 2007) e eucalipto (Martins et al., 2006). Contudo, são escassos na literatura os relatos do emprego desses índices na seleção de populações segregantes da espécie *Coffea arabica*. O objetivo deste trabalho foi estimar os ganhos genéticos preditos por diferentes índices de seleção, para cinco características agrônômicas, avaliadas em 42 progênies de café arábica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 1996, na Fazenda Experimental da Epamig, situada no município de Três Pontas, região Sul do Estado de Minas Gerais, a uma altitude de 900 m, latitude de 21° 22'01" S e longitude de 45° 30'45" W. A precipitação pluvial média anual é de 1670 mm e temperatura média anual de 20,1° C. O solo da área experimental é classificado como argissolo, textura média. Foram avaliados 42 genótipos em geração F₄, sendo 39 resultantes da 4ª geração por autofecundação após o 2º retrocruzamento de 'Mundo Novo x Catuaí', desenvolvidos pelo programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro em Minas Gerais, coordenado pela Epamig, e três cultivares utilizadas como testemunhas (Catuaí Vermelho IAC 99, Rubi MG 1192, Acaíá Cerrado MG 1474). Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados, com três repetições e seis plantas por parcela. O espaçamento adotado foi de 2,50 m entre linhas x 0,70 m entre plantas, correspondendo a 5.714 plantas por hectare. A implantação e a condução do experimento foram de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do cafeeiro. O manejo fitossanitário foi feito preventivamente ou curativamente, por meio de produtos químicos, acompanhando a sazonalidade da ocorrência de pragas e doenças. As avaliações foram realizadas a partir dos 30 meses de idade das plantas, compreendendo as seguintes características: produtividade (Prod), em sacas de 60 kg de café beneficiado por hectare (sc/ha), de oito colheitas (1998 a 2005); classificação dos grãos em peneira 16 e acima (Pen); porcentagem de frutos granados (Gran); vigor vegetativo (VV); e porcentagem de grãos chatos (Chat) logo após a colheita 2005. A produção foi medida imediatamente após a colheita, anualmente, sendo a colheita realizada entre os meses de maio a agosto de cada ano. Posteriormente, foi realizada a conversão para sacas de 60 kg de café beneficiado ha⁻¹. Esta conversão foi realizada por aproximação de valores, considerando um rendimento médio de 480 litros de "café da roça" para cada saca de 60 kg de café beneficiado. Amostras de 200 g de café beneficiado de cada parcela foram classificadas em peneiras intercaladas, sendo a massa dos grãos retidos em cada uma, transformada em percentual e o somatório das peneiras 16, 17 e 18 considerado como a característica peneira 16 e acima. A porcentagem de frutos granados foi realizada utilizando-se a metodologia proposta por Antunes Filho & Carvalho (1954) modificada, pela qual colocam-se 100 frutos cereja em água, sendo considerados chochos aqueles que permaneceram na superfície. A diferença desse valor para 100 é a porcentagem de frutos granados. O vigor vegetativo dos cafeeiros foi avaliado a partir da distribuição de notas conforme escala arbitrária de 10 pontos, conforme sugerido por Carvalho et al. (1979). A classificação por tipo de grãos foi realizada pela soma do número de defeitos encontrados em amostras de 200 g de café beneficiado, separando-se os grãos tipos chato. O processo de seleção foi realizado com base no índice clássico (Smith, 1936; Hazel, 1943), índice de ganhos desejados (Pesek & Baker, 1969), índice-base (Williams, 1962) e o índice com base em soma de pontos (Mulamba & Mock, 1978). A predição dos ganhos foi realizada para chegar a um ideótipo em que se procurou obter progênies com a maior produtividade, sem que ocorresse diminuição nas médias das outras características. Para cada um dos índices de seleção, foram utilizados pesos obtidos aleatoriamente, até que fosse encontrado o que previsse o maior ganho genotípico. Os pesos econômicos adotados foram as estatísticas coeficiente de variação genético (CVg), desvio padrão genético (DPg), herdabilidade (h²), a relação entre coeficiente de variação genético e coeficiente de variação ambiental (CVg/CVe) e valores atribuídos pela importância relativa (PT) de cada caráter sendo 100, 50, 40, 70 e 10 para Prod, Pen, Gran, VV e Chat, respectivamente. O Programa Genes (Cruz, 2006) foi utilizado para realização das análises genético-estatísticas e o estimador escolhido foi baseado no diferencial de seleção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso dos índices de seleção apresenta algumas dificuldades como a determinação dos pesos econômicos, sendo que estes devem ser estabelecidos respeitando a proporcionalidade dos fatores envolvidos (Baker, 1986). Uma alternativa que vem sendo utilizada para estabelecer os pesos econômicos é a utilização de estatísticas dos próprios dados, como desvio padrão genético, herdabilidade, o coeficiente de variação genético e a relação entre o coeficiente de variação genético e o coeficiente de variação residual (Tabela 1) (Martins et al., 2003, 2006; Santos et al., 2007). Essas estimativas dos componentes expressam a variabilidade genotípica e são, portanto, muito importantes em um programa de melhoramento. Quanto maior suas magnitudes, mais heterogêneos são os genótipos avaliados e maior a possibilidade de selecionar materiais genéticos superiores, visando ao seu uso como genitores (Ferrão et al., 2008). O coeficiente de variação genético expressa a magnitude da variação genética em relação à média do caráter. Estimativas do coeficiente de variação genética revelam que os caracteres analisados apresentaram, de maneira geral, baixas variações (Tabela 1).

Esse fato possivelmente ocorreu em razão de a população estudada encontrar-se em nível bastante elevado de endogamia (geração F₄). A razão CVg/CVe, também conhecida como coeficiente de variação relativo, estimada para as características estudadas resultaram em valores iguais a um para Pen e Gran e próximos a um para Prod, refletindo em situação favorável à seleção para essas características. Por outro lado, valores de CVg/CVe para as características VV e Chat foram de 0,66 e 0,44, respectivamente, demonstrando a dificuldade de selecionar progênes superiores partindo-se destas características.

Tabela 1. Variâncias fenotípicas (σ_p^2), Variância genotípica (σ_g^2), herdabilidade (h^2), Desvio padrão genético (DP_g), Coeficiente de variação genético (CV_g) e razão entre Coeficiente de variação genético e residual (CV_g/CV_e) em progênes de cafeeiros F₄ obtidas pelo cruzamento de cultivares dos grupos Catuaí e Mundo Novo.

Parâmetro	Prod ¹	Pen	Gran	VV	Chat
σ_p^2	37,72	35,49	4,49	0,62	5,45
σ_g^2	24,87	26,65	3,38	0,35	1,96
h^2 (%)	65,94	75,09	75,30	56,67	35,94
DP_g	4,98	5,16	1,83	0,59	1,40
CV_g	13,11	11,07	1,95	8,22	1,84
CV_g/CV_e	0,80	1,00	1,00	0,66	0,43

¹Prod: Produtividade de café beneficiado em sc ha ano⁻¹ de oito colheitas; Pen: classificação quanto a peneira 16 acima; Gran: porcentagem de frutos granados; VV: vigor vegetativo e Chat: porcentagem de frutos chatos.

A presença de considerável variabilidade genética, associada ao baixo coeficiente de heterogeneidade ambiental, resultou em valores de herdabilidade moderadamente altos para a maioria das características, quando comparados a outros experimentos de avaliação de progênes de *Coffea arabica* (Rezende et al., 2001, Petek et al., 2008). Esses resultados evidenciam o potencial da população em estudo para melhoramento genético por seleção. A variável Chat, apesar de ter apresentado baixo valor de herdabilidade, é uma variável importante, e qualquer ganho nesta característica deve ser considerado. Quando se utilizou o índice clássico (IC) de Smith (1936) e Hazel (1943) foi possível obter ganhos positivos para as principais características avaliadas (Prod e Pen) considerando todos os pesos econômicos atribuídos (Tabela 2). Esses resultados indicam que é possível promover o efetivo aumento da concentração de alelos favoráveis dessas características na população. Não foram preditos, por meio desse índice, ganhos desejáveis para as características Gran, Chat e VV, sendo que esta última apresentou ainda sinais negativos, indicando a baixa perspectiva de seleção de genótipos vigorosos. De acordo com Petek et al. (2008), o sistema de plantio e manejo pode amenizar e até solucionar os problemas de queda de vigor, devido a cargas excessivas como verificado no presente trabalho. O ganho percentual conjunto predito pelo IC, considerando-se como pesos econômicos os parâmetros CVg, DPg, CVg/CVe, h^2 e PT, foi de 16,5%, 16,05%, 14,68%, 14,68% e 16,05%, respectivamente, indicando eficiência desses critérios na seleção de genótipos adequados por meio da utilização desse índice de seleção (Tabela 2). O índice de Pesek e Baker (1969) proporcionou os menores ganhos globais e revelou ganhos idênticos nas características com os diferentes critérios de pesos econômicos utilizados. Os ganhos preditos em conjunto com este índice, referente às duas principais características, foram inferiores aos preditos por outros índices de seleção empregados neste trabalho, com estimativa de ganho de 0,08% em todos os pesos avaliados. O ganho conjunto para todos os pesos econômicos atribuídos foi de 8,01% (Tabela 2). O índice-base (IB) proposto por Williams (1962) proporcionou ganhos satisfatórios para Prod e Pen, que expressaram ganhos percentuais em conjunto de 16,16%, 15,95%, 15,55%, 15,55%, e 14,92%, quando foram utilizados como pesos econômicos as estatísticas CVg, DPg, CVg/CVe, h^2 e o peso econômico atribuído por tentativa (PT), respectivamente. Dessa forma, com base nos pesos econômicos utilizados para a obtenção de ganhos seletivos para as principais características, observa-se que o IB propiciou os melhores resultados para a seleção de progênes de cafeeiro provenientes do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Mundo Novo'. Seguindo a mesma tendência do índice clássico, não foram preditos ganhos desejáveis para as características Gran, Chat e VV, sendo que esta última apresentou novamente sinais negativos para os ganhos preditos, indicando a baixa perspectiva de seleção de genótipos vigorosos no conjunto de progênes avaliadas. O ganho percentual conjunto predito pelo IB foram similares para todos os pesos econômicos empregados (Tabela 2). Os maiores ganhos genéticos para produtividade de grãos foram preditos pelo índice com base em soma de postos de Mulamba e Mock (1978), quando considerou como pesos econômicos CVg, DPg e PT, com estimativas de 10,09%, 8,87% e 10,07%, para esses pesos, respectivamente. Entretanto, a característica de interesse peneira 16 e acima apresentou estimativa de ganho modesta para os pesos CVg, CVg/CV, h^2 e PT, este último com expressão de ganhos negativos. O ganho percentual conjunto predito, quando se empregou para CVg, DPg, CVg/CV, h^2 e PT, como pesos econômicos, foi de 15,98%, 15,74%, 14,55%, 14,55% e 14,03%, respectivamente.

Tabela 2. Estimativas dos ganhos percentuais por seleção simultânea, pelo uso do índice clássico de Smith & Hazel (IC), índice dos ganhos desejados (IGD), índice-base de Williams (IB) e índice com base em soma de postos (ISP), com base em cinco critérios de pesos econômicos, para cinco características avaliadas em progênies de cafeeiros F₄ obtidas pelo cruzamento de Catuaí x Mundo Novo.

Característica ¹	IC				
	CVg ²	DPg	CVg/CVe	h ²	PT
Prod	7,9	7,9	6,65	6,65	4,01
Pen	8,05	8,05	8,51	8,51	3,58
Gran	0,27	0,27	0,6	0,6	0,51
VV	-1,12	-1,12	-2,0	-2,0	0,84
Chat	0,95	0,95	0,92	0,92	0,56
Ganho Conjunto	16,5	16,05	14,68	14,68	16,05
IGD					
Prod	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Pen	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Gran	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
VV	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
Chat	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Ganho Conjunto	8,01	8,01	8,01	8,01	8,01
IB					
Prod	7,4	7,9	7,58	7,58	10,54
Pen	8,76	8,05	7,97	7,97	4,38
Gran	0,02	0,27	0,56	0,56	0,13
VV	-0,69	-1,12	-0,96	-0,91	0,62
Chat	0,77	0,95	0,86	0,86	0,68
Ganho Conjunto	16,26	16,05	16,06	16,06	16,35
ISP					
Prod	10,09	8,87	6,54	6,54	10,07
Pen	3,32	6,76	3,49	3,49	-0,39
Gran	0,2	0,36	1,2	1,2	0,89
VV	2,16	-1,12	2,59	2,59	3,03
Chat	0,31	0,87	0,73	0,73	0,53
Ganho Conjunto	15,98	15,74	14,55	14,55	14,13

¹Prod: Produtividade de café beneficiado em sc ha ano⁻¹ de oito colheitas; Pen: classificação quanto a peneira 16 acima; Gran: porcentagem de frutos granados; VV: vigor vegetativo e Chat: porcentagem de frutos chatos. ²CVg = coeficiente de variação genético; DPg = desvio padrão genético; CVg/CVe = índice de variação; h² = herdabilidade; PT = pesos atribuídos por tentativas (100, 50, 40, 70, 10).

CONCLUSÕES

1. O índice de Pesek e Baker (1969) não foi adequado na situação analisada no presente trabalho.
2. O índice de seleção proposto por Hazel (1943) e Williams (1962) é o critério de seleção que apresenta os melhores resultados em termos de ganhos em produtividade e peneira e na distribuição de ganhos nas demais características, possibilitando, nesse momento, ser indicado como o critério mais apropriado para o melhoramento genético na população estudada de *C. arabica*.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT-Café), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Consórcio de Pesquisa Café, pelo suporte financeiro ao projeto e ao CNPq pela concessão da bolsa PNPd (JCR).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES FILHO H & CARVALHO A. (1954). Melhoramento do cafeeiro, ocorrência de lojas vazias em frutos de café Mundo Novo. *Bragantia*, 13: 165-179.
- BAKER, R. J. *Selection indices in plant breeding*. Florida: CRC Press, 1986. 218 p.
- CARVALHO, A.; MÔNACO, L.C. & FAZUOLI, L.C. (1979) Melhoramento do cafeeiro, XL Estudos de híbridos de café Catuaí. *Bragantia*, 38: 202-216.

- COSTA, M. M., MAURO, A. O. DI, UNÊDA-TREVISOLI, S. H., ARRIEL N. H. C., BÁRBARO, I. M., MUNIZ F. R. S. (2004). Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 1095-1102.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. & CARNEIRO, P.C.S. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1. 480p.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: *Biometria*. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006.
- FERRÃO, R. G.; CRUZ C. D.; FERREIRA, A.; CECON, P. R.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; CARNEIRO, P. C. de S. & SILVA, M. F. da. (2008). Parâmetros genéticos em café Conilon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43: 61-69.
- GONÇALVES, G.M.; VIANA, A.P.; BEZERRA NETO, F.V.; PEREIRA, M.G. & PEREIRA, T.N.S. (2007). Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42: 193-198.
- GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D. & PACHECO, C.A.P. (2002) Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho-pipoca CMS-43. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 1001-1008.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, v.28, p.476-490, 1943.
- MARTINS, I. S.; CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. & PIRES, I. E. (2003) Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 27: 327-333.
- MARTINS, I. S.; MARTINS, R. de C. C. & PINHO, D. dos S. (2006) Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex maiden. *Cerne*, 12: 287-291.
- MULAMBA, N.N. & MOCK, J. J. (1978) Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egypt Journal of Genetics and Cytology*, 7: 40-51.
- PESEK, J. & BAKER, R.J. (1969) Desired improvement in relation to selection indices. *Canadian Journal of Plant Sciences*, 1: 215-274.
- PETEK, M.R.; SERA, T. & FONSECA, I.C. de B. (2008) Predição de valores genéticos aditivos na seleção visando obter cultivares de café mais resistentes à ferrugem. *Bragantia*, 67: 133-140.
- SANTOS, F. S.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do.; FREITAS JÚNIOR, S. de P.; RANGEL, R. M. & PEREIRA, M. G. (2007) Predição de ganhos genéticos por índice de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. *Bragantia*, 66: 389-396.
- SMITH, H.F. (1936) A discriminant function for plant selection. *Annals of Eugenics*, 7: 240-250.
- WILLIAMS, J.S (1962) The evaluation of a selection index. *Biometrics*, 18: 375-393.